

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:  
INGENIERO AMBIENTAL**

**TEMA:  
ESTIMACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES BASADO EN EL ANÁLISIS  
DE CICLO DE VIDA DE LA FASE AGRÍCOLA DE LA CADENA  
AGROALIMENTARIA CONVENCIONAL Y AGROECOLÓGICA DE LA  
FRUTILLA (FRAGARIA SP.) EN EL CANTÓN CAYAMBE**

**AUTOR:  
WILSON ANDRÉS ÁLVAREZ JIMÉNEZ**

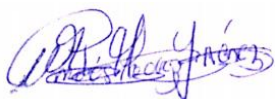
**TUTOR:  
RONNIE XAVIER LIZANO ACEVEDO**

**Quito, septiembre del 2019**

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Wilson Andrés Álvarez Jiménez, con documento de identificación N° 040117577-3, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: **ESTIMACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES BASADO EN EL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE LA FASE AGRÍCOLA DE LA CADENA AGROALIMENTARIA CONVENCIONAL Y AGROECOLÓGICA DE LA FRUTILLA (FRAGARIA SP.) EN EL CANTÓN CAYAMBE**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: INGENIERO AMBIENTAL, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



.....

Wilson Andrés Álvarez Jiménez

040117577-3

Septiembre, 2019

## **DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR**

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo experimental, **ESTIMACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES BASADO EN EL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE LA FASE AGRÍCOLA DE LA CADENA AGROALIMENTARIA CONVENCIONAL Y AGROECOLÓGICA DE LA FRUTILLA (FRAGARIA SP.) EN EL CANTÓN CAYAMBE**, realizado por Wilson Andrés Álvarez Jiménez, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, septiembre 2019



.....

Ronnie Xavier Lizano Acevedo

171429158-8

## **DEDICATORIA**

El presente Proyecto de Investigación lo dedico en primer lugar a mi Dios, ya que él fue mi roca y mi fortaleza durante el arduo camino que tuve que recorrer para culminar esta meta de mi vida.

A mi madre Mirian, a mi padre Wilson, quienes con sus consejos y enseñanzas formaron de mí una buena persona, gracias a su sacrificio, amor y apoyo absoluto, supieron guiarme por el camino de la superación a pesar de muchas situaciones difíciles de la vida.

A mi esposa Alejandra, ha sido siempre la voz de aliento, de apoyo en toda situación, quien con su amor su ternura me dio la fortaleza en situaciones de dificultad y debilidad, mi compañera incondicional mi ayuda idónea en todo momento a lo largo de este camino.

A mis hermanos Johanna y Santiago quienes siempre han estado a mi lado apoyándome con sus ocurrencias y locuras.

Wilson Andrés Álvarez Jiménez

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por bendecirme, por guiarme a lo largo de mi existencia.

Mis sinceros agradecimientos a la Universidad Salesiana, a toda la Carrera de Ingeniería Ambiental, a mis profesores, en especial al Ing. Ronnie Lizano, Ing. Freddy Curaran, Ing. Miguel Araque quienes con la enseñanza y sus valiosos conocimientos hicieron posible la realización de mi proyecto de tesis.

Un agradecimiento especial a todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito, a mis compañeras Erika, Flor, Paola y en especial a los agricultores de Santa Marianita de Pingulmi y aquellos que me abrieron las puertas de sus lugares de trabajo y compartieron sus conocimientos.

Wilson Andrés Álvarez Jiménez

## ÍNDICE DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	OBJETIVOS.....	4
2.1	Objetivo General.....	4
2.2	Objetivos Específicos .....	4
3	MARCO TEÓRICO .....	5
3.1	Sistema agroalimentario agroecológico.....	5
3.2	Sistema agroalimentario convencional .....	6
3.3	Sistema agroalimentario agroecológico.....	7
3.3.1	Agroecología y Transdisciplinariedad.....	7
3.3.2	Sistema Participativo de Garantías (SPG).....	8
3.3.3	Estructura organizativa del Sistema Participativo de Garantías (SPG) 8	
3.3.4	El SPG-GADPP.....	8
3.3.5	Dimensiones del SPG.....	9
3.3.6	Sello de Aval a la Producción Agroecológica.....	9
3.3.7	SEDAL (Servicios para el Desarrollo Alternativo).....	10
3.4	Influencia de la agricultura en el cambio climático.....	10
3.5	Gases de Efecto Invernadero .....	12
3.6	Secuestro de carbono .....	13
3.7	Análisis de Ciclo de Vida .....	14

3.8	Indicadores de impacto ambiental (HC y HH) .....	14
3.8.1	Huella de Carbono.....	15
3.8.2	Herramientas para el cálculo de la huella de carbono .....	15
3.8.3	Huella Hídrica .....	15
3.9	Frutilla.....	16
3.9.1	Origen.....	17
3.9.2	Antecedentes .....	17
3.9.3	Descripción botánica .....	18
3.9.4	Clima .....	19
3.9.5	Suelo.....	19
3.9.6	Agua .....	19
3.9.7	Rendimiento .....	20
3.9.8	Variedades de semilla.....	20
3.9.9	Ciclo fenológico .....	22
4	MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
4.1	Materiales.....	23
4.1.1	Fase de campo .....	23
4.1.2	Fase de laboratorio .....	24
4.2	Métodos. ....	25
4.2.1	Fase de campo. ....	25
4.2.2	Fase de laboratorio .....	28
4.2.3	Fase de Gabinete .....	29

4.3	Metodología para el cálculo de Huella de Carbono.....	32
4.3.1	Emisiones por combustión de fuentes móviles. ....	33
4.3.2	Emisiones directas de <b>N2O</b> .....	34
4.3.3	Emisiones Indirectas de <b>N2O</b> .....	36
4.3.4	Emisiones de <b>CO2</b> por encalado .....	37
4.3.5	Emisiones de <b>kg CO2eq</b> generadas por el empleo de fertilizantes y plaguicidas .....	38
4.3.6	Unidad funcional. ....	38
4.4	Metodología para el cálculo de Huella Hídrica .....	39
4.4.1	Evapotranspiración de referencia ( <b>ETO</b> ) y precipitación efectiva ...	39
4.4.2	Evapotranspiración del cultivo <b>ETc</b> .....	39
4.4.3	Datos del cultivo.....	40
4.4.4	Datos del tipo de suelo del cultivo .....	40
4.4.5	Requerimiento de agua de cultivo (RAC) .....	41
4.4.6	Rendimiento productivo .....	41
4.4.7	Huella Hídrica verde .....	41
4.4.8	Huella Hídrica azul.....	41
4.4.9	Huella Hídrica Gris .....	42
5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	43
5.1	Fase de campo: levantamiento de información.....	43
5.2	Resultados físico-químicos para suelo.....	43
5.3	Resultados físico- químicos para agua de riego.....	46



5.4	Resultado de análisis bromatológico del producto (frutilla).....	47
5.5	Resultados de análisis a abonos agroecológicos.....	47
5.6	Resultados de Huella de Carbono (emisiones de GEI).....	48
5.7	Resultados de Huella Hídrica .....	49
5.8	Rendimiento productivo .....	52
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	53
6.1	Conclusiones.....	53
6.2	Recomendaciones .....	55
7	BIBLIOGRAFÍA .....	56
8	ANEXOS .....	65

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dimensiones SPG.....	9
Tabla 2. Clasificación de carnets SPG .....	10
Tabla 3. Países con mayor producción de fresas en 2017 .....	17
Tabla 4. Producción según la variedad de frutilla .....	20
Tabla 5. Valores Nutricionales .....	21
Tabla 6. Materiales utilizados en la fase de campo .....	23
Tabla 7. Materiales de Análisis físico- químico de suelo.....	24
Tabla 8. Materiales de Análisis físico- químico de agua .....	25
Tabla 9. Métodos utilizados Análisis físico- químico del suelo .....	28
Tabla 10. Métodos utilizados Análisis físico- químico del agua .....	29
Tabla 11. Densidad de combustibles.....	33
Tabla 12. Valores calóricos netos (VCN) de combustibles .....	34
Tabla 13. Factores de emisión en agricultura para fuentes móvil y maquinaria todo terreno. ....	34
Tabla 14. Factor de conversión a CO <sub>2</sub> eq (Potencial de calentamiento Global GWP).....	34
Tabla 15. Factor de emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O para suelos gestionados.....	37
Tabla 16. Factores de conversión para fertilizantes y plaguicidas .....	38
Tabla 17. Valores de Kc para el cultivo de frutilla .....	40
Tabla 18. Límites permisibles en agua de riego .....	42
Tabla 19. Datos obtenidos en campo .....	43
Tabla 20. Resultados de suelo de los parámetros físico-químico en cultivos agroecológicos de frutilla .....	45
Tabla 21. Clases texturales .....	46

Tabla 22. Resultados de agua de los parámetros físico-químico .....	46
Tabla 23. Resultados de análisis de plaguicidas .....	47
Tabla 24. Resultados de análisis de fertilizantes.....	47
Tabla 25. Resultados de huella de carbono .....	48
Tabla 26. Resultados de las huellas hídricas de cultivos convencionales y agroecológicas .....	50
Tabla 27. Datos obtenidos en campo de los cultivos de frutilla.....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo fenológico del cultivo de frutilla .....	22
Figura 2. Diagrama de procesos con entradas y salidas de la fase agrícola de la frutilla en el sistema agroecológico.....	30
Figura 3. Diagrama de procesos con entradas y salidas de la fase agrícola de la frutilla en el sistema convencional .....	31
Figura 4. Procedimiento para determinar Huella de carbono de un producto .....	32
Figura 5. Resultado de huella de carbono para los sistemas convencional y agroecológico .....	49
Figura 6. Huella de carbono promedio de los cultivos agroecológicos y convencionales .....	49
Figura 7. Resultados de HH azul, HH verde y HH gris de los sistemas convencional y agroecológico .....	50
Figura 8. Valores promedio de huella hídrica azul y huella hídrica verde de los cultivos .....	51
Figura 9. Promedio de huella hídrica total de los cultivos convencionales y agroecológicos.....	51
Figura 10. Huella hídrica total de cada cultivo .....	52

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Toma de muestras de suelos .....	65
Anexo 2. Toma de muestras de agua.....	66
Anexo 3. Muestra de fertilizante .....	66
Anexo 4. Fase de laboratorio.....	67
Anexo 5. Análisis bromatológico del cultivo agroecológico de frutilla.....	68
Anexo 6. Análisis de abonos para cultivos agroecológicos de frutillas .....	68
Anexo 7. Análisis bromatológico del cultivo convencional de frutilla.....	69
Anexo 8. ETo y Precipitación efectiva en CROPWAT .....	69
Anexo 9. Datos de Cultivos en CROPWAT .....	70
Anexo 10. Datos de suelo en CROPWAT .....	70
Anexo 11. Requerimiento de agua de cultivo analizado en CROPWAT.....	71
Anexo 12. Agroquímicos utilizados en los cultivos convencionales .....	72

## RESUMEN

La presente investigación analiza las emisiones de Dióxido de Carbono equivalente ( $\text{CO}_2$  eq) y la cantidad de agua utilizada ( $\text{m}^3/\text{ton}$ ) durante la fase agrícola de la frutilla, representados por la huella de carbono y huella hídrica, los mismos que son utilizados como indicadores de impacto ambiental.

Se investigó a 3 cultivos agroecológicos para compararlos con 3 cultivos convencionales utilizando los indicadores de HH Y HC, ubicados en el cantón Cayambe, se realizó análisis físico químico de agua y suelo, además de análisis bromatológico de la frutilla y análisis de los fertilizantes.

Se realizó la estimación de HC de ( $\text{CO}_2$  eq) generado por el cultivo de frutilla, mediante la metodología desarrollada por la PAS 2050 y con directrices del IPPC, se determinó que para producir 1Kg de frutillas, los cultivos convencionales emiten 60,8 g  $\text{CO}_2$ eq, mientras que los cultivos agroecológicos emiten 25,2 g  $\text{CO}_2$ eq.

Para estimar la cantidad de agua requerida por kilogramo de frutilla, se lo hizo mediante los manuales de Water Footprint Networt y manuales de Evapotranspiración de cultivos de la FAO, se determinó la huella hídrica de los cultivos convencionales que es de 273,8  $\text{m}^3/\text{ton}$  y de los cultivos agroecológicos es de 227,3  $\text{m}^3/\text{ton}$ , por lo tanto, los sistemas convencionales producen un mayor impacto ambiental.

## **ABSTRACT**

This research analyzes the emissions of carbon dioxide equivalent ( $\text{CO}_2$  eq) and the amount of water in the agricultural phase of strawberries, represented by the carbon footprint and the water footprint ( $\text{m}^3/\text{ton}$ ), which are only as the impact indicators environmental.

We investigated 3 agroecological crops to compare them with 3 media that use the HH and HC indicators, the results in the Cayambe canton, the physical analysis of water and soil, the bromatological analysis of the strawberry and the analysis of the fertilizers.

The HC estimate of  $\text{CO}_2$  eq generated by strawberry cultivation was made, using the methodology developed by PAS 2050 and with the guidelines of the IPPC, it was determined to produce 1Kg of strawberries, the non-emitted crops 60,8 g  $\text{CO}_2$  eq, while agroecological crops emit 25,2 g  $\text{CO}_2$  eq.

In order to estimate the amount of water required per kilogram of strawberry, the water footprint of the media was determined to be 273,8  $\text{m}^3/\text{ton}$  and of the agroecological products it is 227,3  $\text{m}^3/\text{ton}$ , therefore, the systems Produce a greater environmental impact.

## 1 INTRODUCCIÓN

La población humana depende de la agricultura para satisfacer sus necesidades de alimentación, muchos de los alimentos agrícolas son producto de sistemas agrícolas muy intensivos en el uso de agrotóxicos, fomentando monocultivos de producción permanente, utilización de grandes cantidades de agua para riego impactando negativamente al medio ambiente y la salud de la población.

La agricultura aporta un importante porcentaje de emisiones de gases de efecto invernadero, emiten el 60% del total de emisiones de metano ( $\text{CH}_4$ ), el 80% de las emisiones totales de dióxido de nitrógeno ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y el 25% de emisiones de ( $\text{CO}_2$ ) antropogénico (Saynes & Etchevers, 2016). “Se estima que las tierras de cultivo son responsables del 15 % del total de emisiones de GEIs durante la década de los 90” (Garcia & Laurin, 2006, pág. 78).

La agroecología aplica técnicas y conceptos ecológicos, que intensifican las diferentes acciones naturales entre las plantas, los animales, los seres humanos, el medio ambiente, integrados a la parte social y económica de las comunidades campesinas para lograr un sistema alimentario justo y sostenible (FAO, 2016). El origen de la agroecología en el Ecuador se remonta a una fuente segura de conocimiento y por supuesto la encontramos en los importantes sistemas agrícolas ancestrales y patrimoniales que en buena parte se encuentran todavía vigentes” (Gortaire, 2016, pág. 96).

La dinamización del movimiento agroecológico y su perspectiva multidimensional en el marco de la Soberanía Alimentaria se produjo en el periodo (1996 – 2006) cuando se amplifica y difunde la propuesta agroecológica, ahora con su



enfoque integral y multidimensional. Se consolidan importantes procesos de formación campesina y capacitación para técnicos, se incorporan con mayor dinamismo sectores académicos, paulatinamente pasa a ser una demanda consustancial y práctica cotidiana de las organizaciones campesinas e indígenas. (Intriago, 2016).

La frutilla, a nivel mundial es una de las frutas más difundidas, por la presencia de los consumidores, debido a su excelente sabor, contenido de vitaminas, siendo los principales productores Estados Unidos y España (Acuña & Llerena , 2001)

La fresa es una planta rastrera que se cultiva en todo el mundo, excepto en África y Asia. En el Ecuador se cultivan en zonas que tienen entre 1300 y 3600 metros sobre el nivel del mar y con temperaturas que bordean los 15 grados (Grupo El Comercio, 2001).

La provincia del Azuay tiene mayor experiencia en el país en la producción agroecológica de todo tipo de alimentos, hace 12 años se formó la Asociación Productora de Fresas, producen 1500 libras a la semana en los campos del cantón Nabón ( Vera López, 2016).

Muchas familias de sectores de Azuay encontraron un modo de subsistencia en el cultivo agroecológico de frutilla debido a que su producción es permanente, esta fruta se la comercializa en locales comerciales, mercados y ferias de Nabón y Oña, así también se la distribuye en tiendas y comisariatos de la provincia ( Vera López, 2016).

Algo destacado de las Asociaciones productoras es la integración de campesinos que desean producir alimentos sin productos químicos y comercializan directamente al consumidor alimentos sanos y saludables.

El proyecto realiza una comparación de la cadena agroalimentaria convencional y agroecológica de la frutilla (*fragaria sp.*), mediante el análisis del ciclo de vida de la fase agrícola para establecer que los cultivos agroecológicos son más sustentables y saludables, esta investigación apoyara el trabajo realizado por los campesinos de Cayambe para sustentar que la producción de sus productos está basada en métodos amigables con el medio ambiente permitiendo reducir al mínimo los impactos ambientales negativos, y también como una alternativa para mejorar la calidad de vida de las personas al consumir productos libres de agrotóxicos.

En segundo lugar, se busca visibilizar el trabajo realizado por las agrupaciones campesinas del sector, que producen alimentos agroecológicos para romper las barreras que existen en la producción convencional entre el productor y consumidor.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

Estimar los impactos ambientales mediante el Análisis de Ciclo de Vida de la cadena agroalimentaria convencional y agroecológica de la frutilla (*Fragaria sp.*) en el cantón Cayambe.

### **2.2 Objetivos Específicos**

Estimar la cantidad de CO<sub>2</sub> equivalente emitida a la atmósfera por kilogramo de producto de frutilla a través del indicador Huella de Carbono.

Estimar la cantidad de agua requerida para producir un kilogramo de producto de frutilla a través del indicador Huella Hídrica.

Comparar los resultados que evidencien los posibles beneficios en los aspectos social, económico y ambiental de ambas producciones agrícolas destacando la más positiva y eficiente.

### **3 MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Sistema agroalimentario agroecológico**

La agricultura se inició en el periodo paleolítico hace aproximadamente diez mil años, en Medio Oriente y el Mediterráneo donde grupos de hombres comenzaron a cultivar la tierra, los principales cultivos eran el trigo y la cebada (Tejada, 2013). “En Asia, China comenzó a producir arroz y soya. En América se inició la explotación agrícola en Mesoamérica en los pueblos Aztecas y Mayas; sembrando maíz, frijoles, cacao, yuca, piña, y los Incas con las papas” (Tejada, 2013).

Los Romanos descubrieron el uso del arado tirado por bueyes, los beneficios del abono y el barbecho (Historia y Biografía, 2017). En la edad media hubo importantes innovaciones, como la introducción del molino hidráulico y molino de viento también el cambio en las herramientas de arado con vertederas y arados pesados con ruedas, así como múltiples herramientas de labranza (Historia y Biografía, 2017). En la edad moderna juntamente con la revolución industrial llegó la revolución agrícola en donde se introdujo maquinaria y abonos químicos (Historia y Biografía, 2017). Hoy en día la agricultura depende de grandes avances tecnológicos como el tractor, insecticidas, sistemas de riego y no solo se cultiva para alimentación también se lo hace para producir combustibles, elaboración de productos farmacéuticos y productos químicos (Historia y Biografía, 2017), es decir, la agricultura se convirtió en un modo de negocio a escala industrial en donde se busca maximizar los resultados de producción minimizando los costes.

### **3.2 Sistema agroalimentario convencional**

Los sistemas convencionales están basados en el consumo de productos externos a los procesos agrícolas naturales y ancestrales, como combustible, maquinaria, fertilizantes químicos sintéticos, semillas genéticamente modificadas y pesticidas. Los sistemas convencionales no incluyen al medio ambiente a sus ciclos naturales, ni al uso racional y sostenible de los recursos naturales (EcuRed, 2015).

La agricultura convencional apareció y fue adoptándose desde los años cincuenta, en donde su principal enfoque es alta eficiencia en la producción de diversos productos agrícolas y rentabilidad, justificado por la producción intensiva y de monocultivos. (EcuRed, 2015).

Las grandes industrias de alimentos a nivel mundial, tienen el manejo y control absoluto de la producción de alimentos, buscan obtener mayor rentabilidad homogenizando la agricultura a escala del planeta, se observa un proceso de concentración y apoderamiento de las tierras de cultivo desplazando a los pequeños productores conformados por campesinos, camuflando el impacto ambiental devastador que generan mediante la denominada revolución verde, con la propaganda de disminuir la pobreza y el hambre (Ortega, 2009).

La revolución verde, se basa totalmente en el desarrollo tecnológico que se ha generado durante más de 150 años, utiliza el desarrollo tecnológico y principios científicos, para modificar los procesos naturales del medio ambiente, creando condiciones idóneas para la agricultura y ganadería en rentabilidad y producción que las que ofrece la misma naturaleza, no toma en cuenta las consecuencias que de esto se deriva como contribución de GEI y agotamiento de recursos como el agua dulce.

### **3.3 Sistema agroalimentario agroecológico**

La agroecología surgió como una necesidad de conocer mejor la ecología de los sistemas agrícolas tradicionales, y como respuesta a los problemas causados por un sistema agroalimentario cada vez más industrializado y globalizado. En las últimas décadas la agroecología ha venido desarrollándose con fuerza y tomando espacios políticos, científicos, académicos y socioculturales en las poblaciones (Méndez, 2013), a partir de sus esfuerzos y mediante la acción participativa, se busca contribuir a que los sistemas agroalimentarios actuales se enfoquen y sigan la línea de sostenibilidad.

#### **3.3.1 Agroecología y Transdisciplinariedad**

Desde los años 80 los agroecólogos han estudiado y dado primordial importancia a los conocimientos agrícolas ancestrales, indígenas y campesinos, que desafía a los enfoques convencionales de investigación agrícola y a las políticas que privilegian los requerimientos occidentales (Méndez, 2013).

En los años 90, se creó el movimiento Agroecológico Latinoamericano (MAELA), integra todos los esfuerzos regionales, puesta en debate y aplicación de una acción agroecológica, que acoge el desarrollo tecnológico como una forma diferente de ver el mundo y de relacionarse (Gortaire, 2016).

En el año 2006, se avanza con la relación que se manifestó entre soberanía alimentaria y agroecología, ya se entiende como derecho de los pueblos a controlar su sistema agroalimentario, la plena soberanía sobre que, como, y cuando producir y consumir (Intriago, 2016).

### **3.3.2 Sistema Participativo de Garantías (SPG)**

Los Sistemas Participativos de Garantías son sistemas de garantías de calidad que operan a nivel local, certifican a productores y productoras tomando como base la participación activa de los consumidores y se construye a partir de la confianza (GADIP CAYAMBE, 2017).

El SPG es esencialmente un mecanismo de confianza basado en la organización social y en principios que no responden únicamente al proceso productivo de un bien determinado, sino que implica una forma de vida sostenida en las dimensiones de la agroecología.

Los Sistemas Participativos de Garantía son sistemas que otorgan el Aval de la producción agroecológica.

### **3.3.3 Estructura organizativa del Sistema Participativo de Garantías (SPG)**

El SPG está estructurado por cinco instancias:

- a) Organización de productores (responsable del SPG)
- b) Comisión Técnica
- c) Promotores y Promotoras
- d) Veedores o Verificadores
- e) Comité de Ética o de aval

### **3.3.4 El SPG-GADPP**

El SPG-GADPP sirve para promocionar y regularizar la producción agroecológica en Pichincha y garantizar la seguridad alimentaria del pequeño y mediano productor agroecológico (GADIP CAYAMBE, 2017).

### 3.3.5 Dimensiones del SPG

Existen 5 dimensiones en el SPG las mismas que están contempladas en propuesta metodológica:

**Tabla 1.**  
*Dimensiones SPG*

<b>Dimensión</b>	<b>Puntos</b>
Política	10
Social	10
Cultural	5
Ecológica	55
Económica	20
<b>Total</b>	<b>100</b>

Fuente: (Pino, 2017)

### 3.3.6 Sello de Aval a la Producción Agroecológica

El Sello de Aval podrá ser utilizado para garantizar la producción agroecológica de:

Es importante considerar que se avala a la finca no al productor.

- Productos elaborados con materia prima proveniente de granjas agroecológicas y/o materiales obtenidos a través de medios que no deterioren el medio ambiente (Pino, 2017).
- Productos agrícolas y pecuarios producidos en granjas agroecológicas (Pino, 2017).
- Alimentos procesados, elaborados y/o transformados utilizando insumos provenientes de granjas agroecológicas (Pino, 2017).

Los productores en transición son los que están en proceso de implementación de los principios de la agroecología en sus unidades productivas.



Los productores agroecológicos son aquellos que cumplen con las normas de producción agroecológica en sus unidades productivas.

Se tiene un sistema de Acreditación que avala a un productor certificado regularizado por medio de un sistema de carnetización, detallado a continuación:

**Tabla 2.**  
*Clasificación de carnets SPG*

Color	Puntos	Tipo de productor
Blanco	Menos de 50	No puede vender en ferias
Amarillo	de 50 a 69	Productor en transición a la Agroecología
Verde	70 en adelante	Productor Agroecológico

Fuente: (Pino, 2017)

### **3.3.7 SEDAL (Servicios para el Desarrollo Alternativo)**

SEDAL es un Organización no Gubernamental (ONG) local que trabaja en los cantones de Cayambe y Pedro Moncayo, acompañando a grupos y organizaciones de productores campesinos e indígenas en procesos de producción agroecológica, economía solidaria, fortalecimiento organizativo e incidencia en políticas públicas (Pino, 2017).

## **3.4 Influencia de la agricultura en el cambio climático**

La agricultura se ve afectada por los gases invernadero sin embargo también los emite al igual que la ganadería, mediante la digestión, el estiércol, residuos orgánicos almacenados en vertederos y fertilizantes nitrogenados orgánicos y minerales. (AEMA, 2015)

En las últimas cinco décadas se ha evidenciado una duplicación en la liberación de gases de efecto invernadero por parte de la agricultura, silvicultura y pesca, se estima que en el año 2050 incrementará en un 30% si no se toman más medidas al respecto.

(FAO, 2014) También se ha observado un aumento del 14% de emisión de gases a nivel global por actividades agrícolas y ganaderas, sobre todo en los países en vías de desarrollo en el periodo de 2001 a 2011. (AEMA, 2015)

El aumento de CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero dan como resultado que las temperaturas superficiales globales incrementen 1.4 a 5.8 °C. (Nicholls, Henao, & Altierl, 2015) La variación en la temperatura, en la duración de las estaciones, la menor presencia de lluvia y por ende de agua afecta la producción agraria en Europa como consecuencia del cambio climático. Además, pueden alterar la multiplicación de insectos, enfermedades y maleza dificultando aún más la producción agrícola. (AEMA, 2015)

El cambio climático causa estragos en todo el mundo sin embargo los países en vías de desarrollo son lo más afectados debido a que la agricultura aporta con un porcentaje significativo de su economía y tienen poco acceso a medidas que permitan su adaptación a la variación climática dando lugar a problemas en cuanto a seguridad alimentaria se trata. (López & Hernández, 2016). Se estima que los costos se elevaran en aproximadamente 30% causando así inestabilidad económica y social. (Nicholls, Henao, & Altierl, 2015)

Probablemente en Centroamérica haya una disminución de la producción de alimentos mientras que en el sur este de América latina haya un aumento o se mantenga la producción, debido a que cada país y cada localidad se verán impactados de manera diferente ya que esto depende de varios factores entre ellos el clima y como estos se adaptan, el crecimiento económico también juega un papel importante. (López & Hernández, 2016)

La productividad de la agricultura frente al cambio climático depende de varios factores por ejemplo en caso de los cultivos de secano son importantes la variación de la temperatura y precipitaciones mientras que en los cultivos de riego solamente la variación de temperatura. (Nicholls, Henao, & Altierl, 2015)

Hay que tomar en cuenta que en la actualidad se usa con mayor frecuencia los monocultivos en especial de maíz, trigo, arroz entre otros que causa homogeneidad genética provocando así mayor susceptibilidad a plagas a pesar del incremento en el uso de pesticidas por lo tanto este tipo de cultivos son más vulnerables a los impactos del cambio climático. (Nicholls, Henao, & Altierl, 2015)

La capacidad de adaptación ante el cambio climático es la piedra angular que puede determinar el grado de complicaciones en cuanto a la producción de alimentos. El uso de policultivos, sistemas agroforestales, sistemas que unan la agricultura y la ganadería, manejo orgánico de suelos, protección y recolección del agua y aumento de la agrobiodiversidad son medidas que darán mejores resultados. (Nicholls, Henao, & Altierl, 2015)

### **3.5 Gases de Efecto Invernadero**

Hay una amplia tolerancia en que el calentamiento global de la tierra es generado por el incremento de las emisiones antropógenas de diferentes Gases de efecto invernadero, como dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, metano CH<sub>4</sub>, Óxido N<sub>2</sub>O (Saynes & Etchevers, 2016).

En el siglo XIX las emisiones aumentaron drásticamente esto como consecuencia de la Revolución Industrial y los cambios en el uso de la tierra. Varias actividades que

generan Gases de Efecto Invernadero soy ahora muy importantes para la economía mundial y forman una parte fundamental de la vida (Garcia & Laurin, 2006).

De acuerdo a datos proporcionados por FAOSTAT si agrupamos los gases por la importancia de sus contribuciones se tiene tres grupos:

El CO<sub>2</sub> posee mas del 80% siendo en gran medida el total de las emisiones, el grupo del CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, con un vale del 18%, tendria el segundo puesto en importancia, finalmente se tiene el grupo de los gases fluorados con el 2% (FAO, 2015).

### **3.6 Secuestro de carbono**

El secuestro de carbono es el proceso de extracción de gases de efecto invernadero de la atmosfera y almacenarlo en un depósito, en reservas terrestres y ecosistemas acuáticos, las pérdidas de praderas y reservas forestales que han sido cambiados por suelos para la agricultura han causado la perdida de grandes pérdidas de carbón del suelo. Los cultivos son almacenes de gases invernadero a la atmosfera, se estima que son parte de la emisión de un tercio de emisiones, sin embargo las prácticas agrícolas sostenibles como la agroecología ayudarían en la mitigación al cambio climático, mediante el almacenamiento de carbono en la biomasa, plantas y suelo, estas prácticas son impulsadas por la FAO además busca mejorar la calidad de vida de los agricultores, en razón del incremento de producción y los ingresos a partir de los créditos de carbono, esto consecuencia de lo establecido el protocolo de Kioto (FAO , 2017a).

Los suelos agrícolas son la reserva de mayor almacenamiento de carbono y con una expansión potencial de secuestro de carbono (SC), que ayudarían a reducir las concentraciones de CO<sub>2</sub>, se ha estimado que los suelos tienen una capacidad de

secuestrar 20 Pg en 25 años esquivale a más del 10% de emisiones antropogénicas (FAO , 2017a)

### **3.7 Análisis de Ciclo de Vida**

El análisis de ciclo de vida (ACV) de un producto es una metodología que pretende identificar, caracterizar y cuantificar los diferentes impactos ambientales potenciales que se generan de los procesos de ciclo de vida. Es corregir los diferentes procesos en cuanto a los recursos energéticos y materias primas que utiliza, plantea manejarlos de forma sustentable desde el punto ambiental minimizando los impactos ambientales.

El organismo que ayuda a desarrollar estándares de administración y gestión ambiental es la Organización Internacional para la Estandarización, mediante sus normas ISO-14040 sobre el ACV, como alternativa para medir el grado de impacto de los procesos de productos.

### **3.8 Indicadores de impacto ambiental (HC y HH)**

Son considerados como indicadores de impacto ambiental, porque a través de estos podemos estimar, cuantificar las emisiones GEI a la atmosfera generadas por los procesos que se realiza para un producto o servicio en el caso de HC y de igual manera cuantificar el volumen de agua utilizada en el ciclo de vida de un producto o servicio en el caso de HH, al realizar estas estimaciones, se pretende determinar la contribución de los procesos realizados en generación de productos y servicios al calentamiento global por emisiones GEI y el uso inadecuado de volúmenes de agua que se contaminan y desperdician durante el ciclo de vida, optimizando y mejorando los procesos productivos y de servicio para contribuir en la mitigación de los impactos ambientales (MDMQ, 2013).

### **3.8.1 Huella de Carbono**

La Huella de Carbono mide la cantidad total del dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero asociados con un producto, empresa o individuo (Núñez , 2012).

Debido a la importancia actual de la huella de carbono y el reconocimiento del problema que suscita el cambio climático se creó el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por siglas en inglés) como el organismo internacional líder para la evaluación del cambio climático (Núñez , 2012).

El IPCC fue creado proveer al mundo una clara visión científica sobre el estado actual de los conocimientos sobre el cambio climático y sus posibles impactos ambientales y socioeconómicos (IPCC, 2006c).

El cambio climático tiene y tendrá cambios significativos, crecientes y no lineales en el tiempo en la economía mundial.

### **3.8.2 Herramientas para el cálculo de la huella de carbono**

En la actualidad existen diversas metodologías disponibles en materia de cálculo de huella de carbono. A continuación, se ofrecen una relación de las herramientas más utilizadas, diferenciando entre herramientas para calcular la huella de carbono en organizaciones y en productos. En productos tenemos PAS 2050, ISO 14067 y en organizaciones tenemos GHG Protocolo, ISO 14064 (AEC, 2016).

### **3.8.3 Huella Hídrica**

La huella hídrica nos permite identificar el volumen de agua dulce consumido y contaminado. (Linares, 2015) Por tanto este indicador ayuda a generar políticas

públicas que permitan gestionar el uso equitativo y sostenible de este recurso posibilitando así su suministro a largo plazo. (Rueda, 2017)

Componente azul: tiene que ver con el agua proveniente de la superficie y del subterráneo es decir el recurso hídrico de las precipitaciones que se consume a través de la evaporación, de su retorno a otra zona o su integración a un producto. (Rueda, 2017)

Componente verde: se refiere al consumo de agua que no se convierte en escorrentía, que es procedente de las precipitaciones. (Rueda, 2017)

Componente gris: tomo en evalúa el volumen de agua utilizada para que un contáminate este diluido (Rendón, 2015) en este punto se toma en cuenta que la calidad del agua este sobre lo convenido en las normas de calidad de agua. (Linares, 2015)

La huella hídrica se calcula a través de la suma de los componentes azul verde y gris o con la huella hídrica directa o también con la indirecta. (Barragán & Siachoque, 2017). Es importante saber que el resultado de la evaluación de la huella hídrica en la agricultura depende de factores como el tipo de cultivo y el lugar donde se la ejecuta. (Rueda, 2017)

Se debe tener en cuenta mucho la huella hídrica en la agricultura y silvicultura en especial en su proceso de crecimiento debido a que estas actividades muestran una huella importante de agua. (Linares, 2015)

### **3.9 Frutilla**

El nombre común es fresa, frutilla o fresón, se trata de una planta perenne y de porte rastrero, si las condiciones son las idóneas la planta dura dos años en producción. En

todo su desarrollo produce raíces, hojas, coronas, estolones, flores y frutos (Andrango, 2017, pág. 28).

### 3.9.1 Origen

Su origen aún no está definido, se dice que fue descubierta por primera vez en Chile, por el misionero Alfonso Ovalle, le puso el nombre de *Fragaria* (Fresal), con el tiempo se fue introduciendo a otros países sudamericanos y otros países del mundo. Luego la frutilla fue introducida a Europa por colonos de Virginia, se realizó cruces entre las variedades europeas y chilenas obteniendo un fruto más grande, jugoso, de mejor aroma. Hoy las frutillas se las cultiva intensivamente porque son un fruto de alta demanda en todo el mundo (Chiqui & Lema, 2010, págs. 1,2).

### 3.9.2 Antecedentes

La frutilla puede ser cultivada en una variedad de climas, pero los mejores rendimientos se presentan en zonas templadas. Entre los principales factores que influyen en el crecimiento vegetativo y de desarrollo es la combinación de fotoperiodo (horas de luz) y la temperatura (Facultad de Agronomía PUCC, 2015, pág. 13).

Los principales países productores de frutilla se describen en la tabla 3.

**Tabla 3.**  
*Países con mayor producción de frutillas en 2017*

País	Producción (ton)	Porcentaje
China, Continental	3.717.283	40,3
Estados Unidos de América	1.449.280	15,7
México	658.436	7,1
Egipto	407.240	4,4
Turquía	400.167	4,3
España	360.416	3,9

Fuente: (FAO, 2017), elaborado por Álvarez Wilson



En el Ecuador el cultivo de frutilla cada vez está tomando protagonismo en especial en las provincias de Azuay, Cañar, Pichincha, Tungurahua e Imbabura, siendo Pichincha el mayor productor, en especial en el valle noroccidental de Quito se produce 6 mil cajas diarias de frutilla. Yaruqui, Quinche Ascázubi, Tababela y Pifo son las parroquias más productivas en el país (Yaselga, 2015) , según la FAO la producción de frutilla en el Ecuador es de 1744 toneladas diarias de frutilla (FAO, 2017).

La frutilla geográficamente está distribuida alrededor de casi todo el mundo, en lugares con altitudes desde los 1000 msnm a los 3000 msnm. El lugar de estudio se ubica en la provincia de Pichincha, cantón Cayambe, Parroquia Cangagua, sector Santa Marianita de Pingulmi.

### **3.9.3 Descripción botánica**

La frutilla es considerada como una especie hortícola, las hojas y otros órganos se forman en la parte leñosa de la corona, es una planta perenne de vida corta.

Es una especie hortícola, se le considera herbácea, se caracteriza porque las hojas y otros órganos se forman en la parte leñosa de la corona y se le puede considerar como una planta perenne de vida corta (Núcleo Ambiental S.A.S., 2015). El sistema radicular es fasciculado compuesto de raíces y raicillas las cuales son de vida corta, la profundidad de las raíces es variable de 30 cm a 40 cm, las hojas aparecen desde la corona y tienen forma de en roseta y su tamaño varía según la variedad (Núcleo Ambiental S.A.S., 2015, pág. 12), el tallo o corona es corto de donde salen ramificaciones parecidas llamadas estolones que dan origen a nuevos brotes y plantas, las flores o inflorescencias nacen desde la corona o desde las yemas de las hojas y frutos que constituyen la parte comestible, tiene color rojo tiene forma cónica o de

corazón y su peso puede ser desde 10 gramos a 65 gramos por fruto (INIA, 2017, pág. 98).

#### **3.9.4 Clima**

La frutilla se adapta a diversos climas, es resistente a heladas, soportando temperatura que van desde los -20 °C hasta los 55 °C, pero las temperaturas ideales para tener una buena fructificación son de 15°C a 20°C, donde temperaturas muy bajas los frutos no se desarrollan completamente quedando pequeños y temperaturas altas provocan una maduración muy rápida (Castillo & Melo, 2015) .

#### **3.9.5 Suelo**

El suelo debe ser equilibrado, de contenidos de materia orgánica muy buenos mayores a 2%, aireados, bien drenados y con capacidad para retención de agua, con profundidades de por lo menos 80 cm, se adapta muy bien a suelos franco-arenosos y arenosos franco, requiere de terrenos planos o de inclinaciones suaves, no deben tener acumulación de sales porque no permiten el desarrollo de las raíces y el pH debe ser ligeramente ácido de 5,7 a 6,7 (Núcleo Ambiental S.A.S., 2015).

#### **3.9.6 Agua**

La frutilla es un cultivo muy exigente en agua, es fundamental para tener rentabilidad, necesita pluviométricas para consumos hídricos anuales de 500 mm - 600 mm, en riego requiere de aportes de agua de 4000 – 9000 (m<sup>3</sup>/ha) (Yaselga, 2015).

### 3.9.7 Rendimiento

La producción de la frutilla dura de 15 a 28 meses, y sus rendimientos de 50 a 100 Tn/ha (Castillo & Melo, 2015, pág. 30), dependiendo de la variedad de semilla cultivada como se especifica en la tabla 4.

**Tabla 4.**  
*Producción según la variedad de frutilla*

<b>Variedad</b>	<b>Total (g/planta)</b>	<b>Toneladas/ha</b>
Ventana	1420.69	71.03
Albión	1077.08	53.85
Palomar	1457.17	72.85
San Andrés	1114.44	55.72
Monterrey	1039.4	51.97
Portola	1139.74	56.98
Estolones	98.53	4.9

(Cámara de Comercio de Bogotá, 2015, pág. 12)

### 3.9.8 Variedades de semilla

Las variedades de frutilla se clasifican según el requerimiento del número de horas de luz, estas pueden ser de día corto y de día largo, dependiendo de la influencia de horas de luz la variedad de frutilla a ser cultivada.

#### 3.9.8.1 Variedad de día corto

Esta variedad se desarrolla en fotoperiodos menores de 14 horas de luz y presentan 2 periodos de cosecha al año, variedades como Camarosa, Camino Real, Palomar, Mojave, Sabrosa Huelva (INIA, 2017).

#### 3.9.8.2 Variedad de día neutro

No tienen respuesta al fotoperiodo (duración del día), requieren de una temperatura mínima de 12 °C para que la planta desarrolle yemas, existen variedades

comerciales como San Andrés, Albión, Monte Rey, Cristal y Portola entre otras (INIA, 2017).

### 3.9.8.3 Valor nutricional

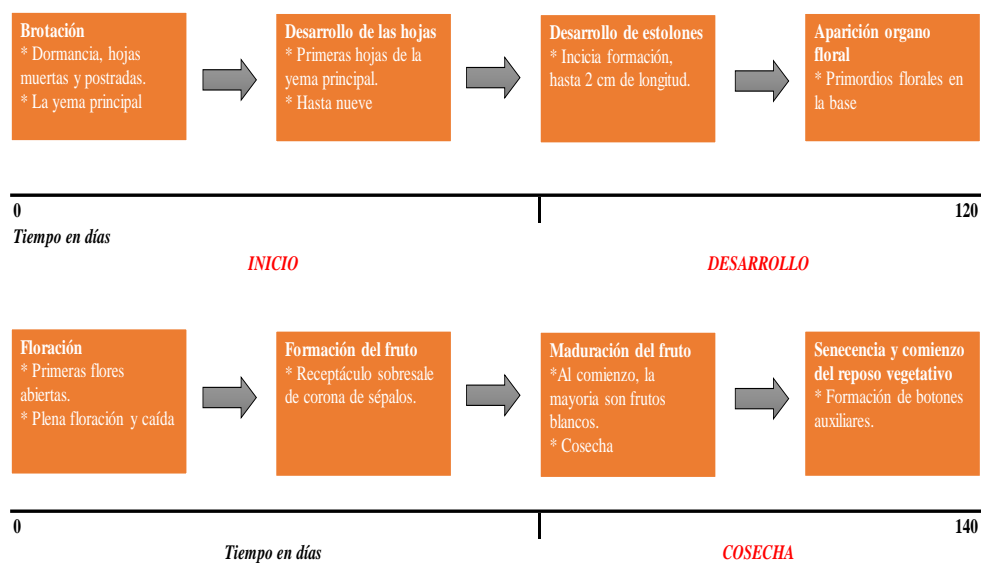
Es conocida por su balance de sabor en azúcar y acidez, tiene un color rojo o rojizo oscuro, su pulpa es de color blanco y dependiendo de la variedad presenta la forma de corazón, cónica y ovalada, en la tabla 5 se describe sus valores nutricionales.

**Tabla 5.**  
*Valores Nutricionales*

<b>Componentes</b>	<b>Contenido</b>	<b>Unidad</b>
Valor energético	40	Kcal
Proteínas	0.9	gr
Grasas	0.5	gr
Carbohidratos	13	mg
Calcio	21	mg
Fósforo	21	mg
Potasio	164	mg
Ácido Fólico	0.07	mg
Sodio	1	mg
Hierro	1	mg
Vitamina A	100	U. I.
Vitamina B1	0.03	mg
Vitamina B2	0.97	mg
Vitamina B5	0.9	mg
Vitamina C	90	mg

(Yaselga, 2015)

### 3.9.9 Ciclo fenológico



**Figura 1.** Ciclo fenológico del cultivo de frutilla  
(Cámara de Comercio de Bogotá, 2015, pág. 13)

## 4 MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Materiales

#### 4.1.1 Fase de campo

Para recopilación de información, muestreo de suelo, agua y frutos tabla 6.

**Tabla 6.**

*Materiales utilizados en la fase de campo*

Actividades	Materiales	Equipos
<b>Recopilación de la información</b>	Cuaderno. Lápiz, esfero, borrador, Hojas de cuestionario.	Celular para grabar entrevista Cámara fotográfica
<b>Muestreo de suelo</b>	Barreno, Cuchillo Balanza Balde de 20 lt, Cooler, Gel sustituto de hielo, Fundas Ziploc para dos Kg, Botella de agua destilada 1lt, Flexómetro de 50m, Guantes de manejo.	Cámara fotográfica,
<b>Muestra de agua</b>	Balde de 20 lt, Botellas de polietileno de 1 lt, (4 Unidades). Botella de agua destilada 1 lt. Gel antiséptico, Guantes de manejo, Cooler Gel sustituto de hielo	Cámara fotográfica Celular con aplicación de cronómetro
<b>Muestreo de Fertilizantes y producto</b>	Botellas de polietileno de 1 lt, (4 Unidades) Fundas Ziploc para 2 kg, Botella de agua destilada 1 lt, Gel antiséptico, Guantes de manejo, Cooler, Gel sustituto del hielo.	Cámara fotográfica
<b>Georreferenciación</b>	Cuaderno	GPS GARMIN

Elaborado por: W. Álvarez, 2019

### 4.1.2 Fase de laboratorio

Para determinar parámetros físico-químicos de agua y suelo tabla 7 y 8.

**Tabla 7.**

*Materiales Análisis físico- químico de suelo*

Parámetros	Reactivos	Materiales	Equipos
<b>Textura</b>	Hexametáfosfato de Sodio al 4% Agua destilada.	Muestra de suelo Tarrinas de plástico. Vaso de precipitación de 500 ml. Cilindro de sedimentación con tapa de 1205 ml. Pipeta de 10 y 5 ml. Pinzas. Espátula. Cronómetro Densímetro.	Estufa Balanza Electrónica
<b>Materia Orgánica (M.O.)</b>	Dicromato de potasio ( $K_2CrO_7$ ). Ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ). Ácido fosfórico ( $H_3P_2O_4$ ) Almidón Yoduro de potasio (KI) Disulfato de sodio ( $Na_2S_2O_3$ )	Muestra de suelo Soporte universal. Peras Balones aforados Vasos de precipitación de 50 Y 500 ml. Agitador Balanza analítica Pipeta (5 y 10 ml) Vaso de plástico de 5 oz.	Balanza Electrónica
<b>pH</b>	Agua destilada	Muestras suelo, Vasos de precipitación de 100 ml. Gradilla, Vasos plásticos de 5 oz, Piseta	pH-metro

Elaborado por: W. Álvarez, 2019

**Tabla 8.**  
*Materiales de Análisis físico- químico de agua*

<b>Parámetros</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>
<b>pH</b>	Agua destilada	Muestra de suelo	Potenciómetro
		Piseta	Conductímetro
<b>Conductividad</b>	Agua destilada	Muestra de suelo	Potenciómetro
		Piseta	Conductímetro
<b>Alcalinidad</b>	Agua destilada	Balón 100 ml	Soporte Universal
	Bromofenol	Pera	Balanza Analítica
	Hidróxido de Sodio	Bureta	
	Agua potable	Goteros	
	Ácido Clorhídrico	Pipeta graduada	
	Fenolftaleína	Muestras de agua	
<b>Cloruros</b>	Agua destilada	Gotero	Soporte Universal
	Nitrato de Plata	Matraz Erlenmeyer	
	AgNO <sub>3</sub>	250 ml	
	Dicromato de	Bureta	
	Potasio K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	Probeta	
		Muestras de agua	

Elaborado por: W. Álvarez, 2019

## **4.2 Métodos.**

### **4.2.1 Fase de campo.**

#### **4.2.1.1 Levantamiento de información.**

La investigación fue posible gracias a la cooperación de la asociación de productores agroecológicos Bio vida del cantón Cayambe, conformado por 65 agricultores respaldados por la certificación de Sistema de Participación de Garantía (SPG) y agricultores de cultivos convencionales de la misma zona.

Cabe indicar que, al momento de realizar el estudio, los cultivos de frutilla se concentraban en la zona de Santa Marianita de Pingulmi, perteneciente a la parroquia de Cangagua, en otras zonas o parroquias del cantón Cayambe no se identificó cultivos de frutilla.



#### **4.2.1.2 Selección de cultivos Agroecológicos.**

Mediante una reunión se realizó la socialización de la presente investigación a los agricultores de cultivos agroecológicos, donde se expuso los diferentes aspectos del estudio y los beneficios para el mejoramiento y ascenso en certificación SPG, se identificó los agricultores agroecológicos que tienen carné verde SPG y que disponían de cultivos de frutilla.

Para establecer los cultivos de frutilla agroecológica, se procedió con un muestreo de tipo aleatorio simple. Se seleccionó 3 agricultores agroecológicos que presentaban procedimientos similares en agricultura.

#### **4.2.1.3 Selección de cultivos convencionales.**

Se efectuó visitas personalizadas a los agricultores de sistemas convencionales con cultivos de frutilla, donde se dio a conocer el propósito de esta investigación. Se seleccionó a 3 agricultores, mediante muestreo probabilístico aleatorio simple. Los mismos que presentaban similares procedimientos agrícolas y una superficie cultivada útil para ser utilizada como unidad funcional.

Se procedió con la visitas de campo a 3 cultivos agroecológicos y 3 convencionales ubicados en el cantón Cayambe, parroquia Cangahua, sector Santa Marianita de Pingulmi, donde se obtuvo información por medio de entrevistas aplicando un banco de preguntas elaboradas con anterioridad, además de un seguimientos a las diferentes actividades agrícolas realizadas por los agricultores nos permitió plasmar el inventario de entradas y salidas en cada proceso durante la fase agrícola obteniendo información importante para ser aplicada en el cálculo de huella hídrica y cálculo de huella de carbono.

#### **4.2.1.4 Toma de muestras de suelo y agua.**

Para el muestreo de suelo, se adoptó las indicaciones dadas por el instructivo de Muestreo de Suelos Agrícolas de AGROCALIDAD. Para tomar la muestra se limpia la superficie del suelo de toda cobertura vegetal, se utilizó como herramienta de muestreo un barreno, debido a que en los cultivos de frutilla el suelo está cubierto de plástico y solo presenta pequeños orificios donde se puede proceder a muestrear, se introduce el barreno y se gira obteniendo la submuestra deseada, procedimiento que se repite de 20 a 25 veces y en forma de zigzag en áreas no mayores a 5 hectáreas (AGROCALIDAD, 2018), las submuestras recogidas se las coloca en un balde plástico que previamente se limpió muy bien para no tener contaminación, se procede a mezclar y homogenizar las submuestras, luego se toma un kilogramo como muestra para ser analizada, se la coloca en una funda plástica ziploc que previamente se etiqueto con toda la información descrita en el instructivo (Ver anexo 1) (AGROCALIDAD, 2018)

Para el muestreo de agua de riego se adoptó la metodología del instructivo para Toma de Muestras de Agua (AGROCALIDAD, 2015). Se enjuaga varias veces una botella plástica de 1 litro con el agua de riego a muestrear, la misma que previamente debe ser etiquetada, luego se toma la muestra de agua a ser analizada se tapa y se coloca en un cooler con hielo para conservación de la muestra (Ver anexo 2).

#### **4.2.1.5 Toma de muestras de fertilizantes y producto (frutilla).**

Para el muestreo de fertilizantes sólidos y líquidos se adoptó la metodología indicada en el instructivo para la Toma de Muestra de Fertilizantes (AGROCALIDAD, 2018), en el caso de fertilizantes solidos se tomó 1 kilogramo de muestra en una funda ziploc ya etiquetada, en el caso de fertilizantes líquidos se tomó muestras en botellas plásticas de 1 litro, las muestras tomadas se colocan en un cooler con hielo para preservar la muestra

y esta sea representativa (Ver anexo 3).

El muestreo de frutos para análisis de coliformes y plaguicidas se adoptó la metodología del instructivo de Muestreo para Análisis Bromatológico (AGROCALIDAD, 2018), se tomó 1 kilogramo de frutos en etapa de cosecha, se lo realizó de forma aleatoria y se colocó en funda ziploc, para luego ponerlos en el cooler.

#### 4.2.2 Fase de laboratorio

Las muestras de agua y suelo tomadas en la fase de campo, se las traslado hasta los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana del Campus Cayambe, en donde se realizó los análisis físico-químicos como se describe en las tablas 9 y 10, los análisis de coliformes los realizó el laboratorio de calidad de leche de la Universidad Politécnica Salesiana del Campus Cayambe (Ver anexo 4). El análisis bromatológico (Ver anexo 5). Para determinar presencia de plaguicidas (Ver anexo 6) y de biofertilizantes (Ver anexo 7) para determinar contenido de potasio (K), nitrógeno (N) y Fósforo (P) se los realizó en laboratorios LABOLAB “que cuenta con acreditación en ensayos físicos, químicos y microbiológicos en alimentos y aguas, otorgada por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano” (LABOLAB CIA. LTDA., 2019)

**Tabla 9.**

*Métodos utilizados Análisis físico- químico del suelo*

Parámetros	Metodologías aplicadas
Nitrógeno (%)	Walkley y Black
pH	Potenciómetro
Conductividad (µS/cm)	Conductímetro
Textura	Bouyoucos
Potasio (meq/100g)	Fotometría de llama
Fósforo (ppm)	Método Olsen
Materia orgánica (%)	Walkley y Black

Elaborado por: W. Álvarez, 2019

**Tabla 10.**  
*Métodos utilizados Análisis físico- químico del agua*

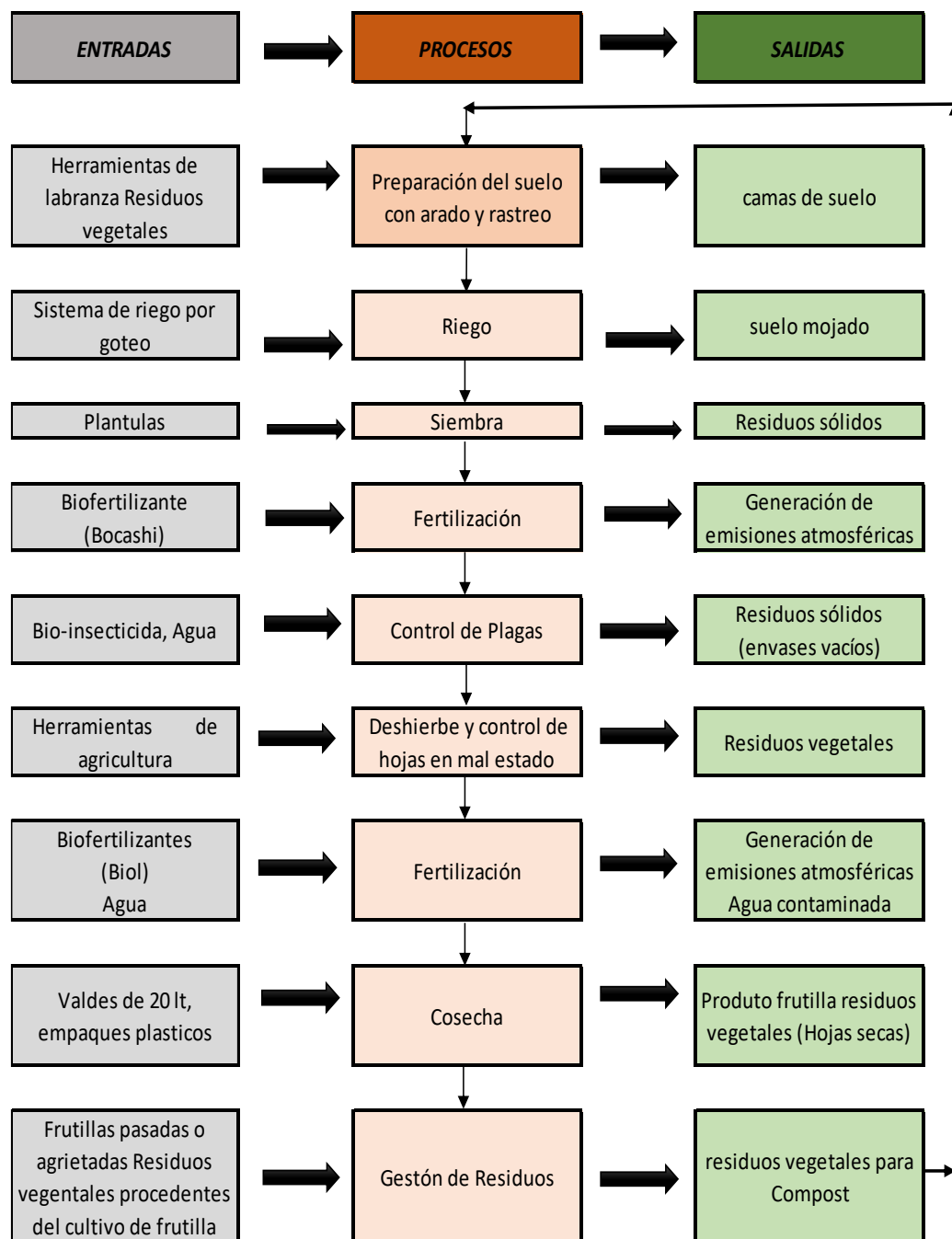
<b>Parámetros</b>	<b>Metodologías aplicadas</b>
Magnesio (mg/l)	Absorción atómica
pH	Potenciómetro
Turbiedad (NTU)	Turbidímetro
Cloruros (meq/l)	Método de Mohr
Calcio (mg/l)	Absorción atómica
Potasio (mg/l)	Absorción atómica
Sodio (mg/l)	Absorción atómica
Conductividad (mmhos/cm)	Conductímetro
Alcalinidad (meq/l)	Valoración ácido- base

Elaborado por: W. Álvarez, 2019

### **4.2.3 Fase de Gabinete**

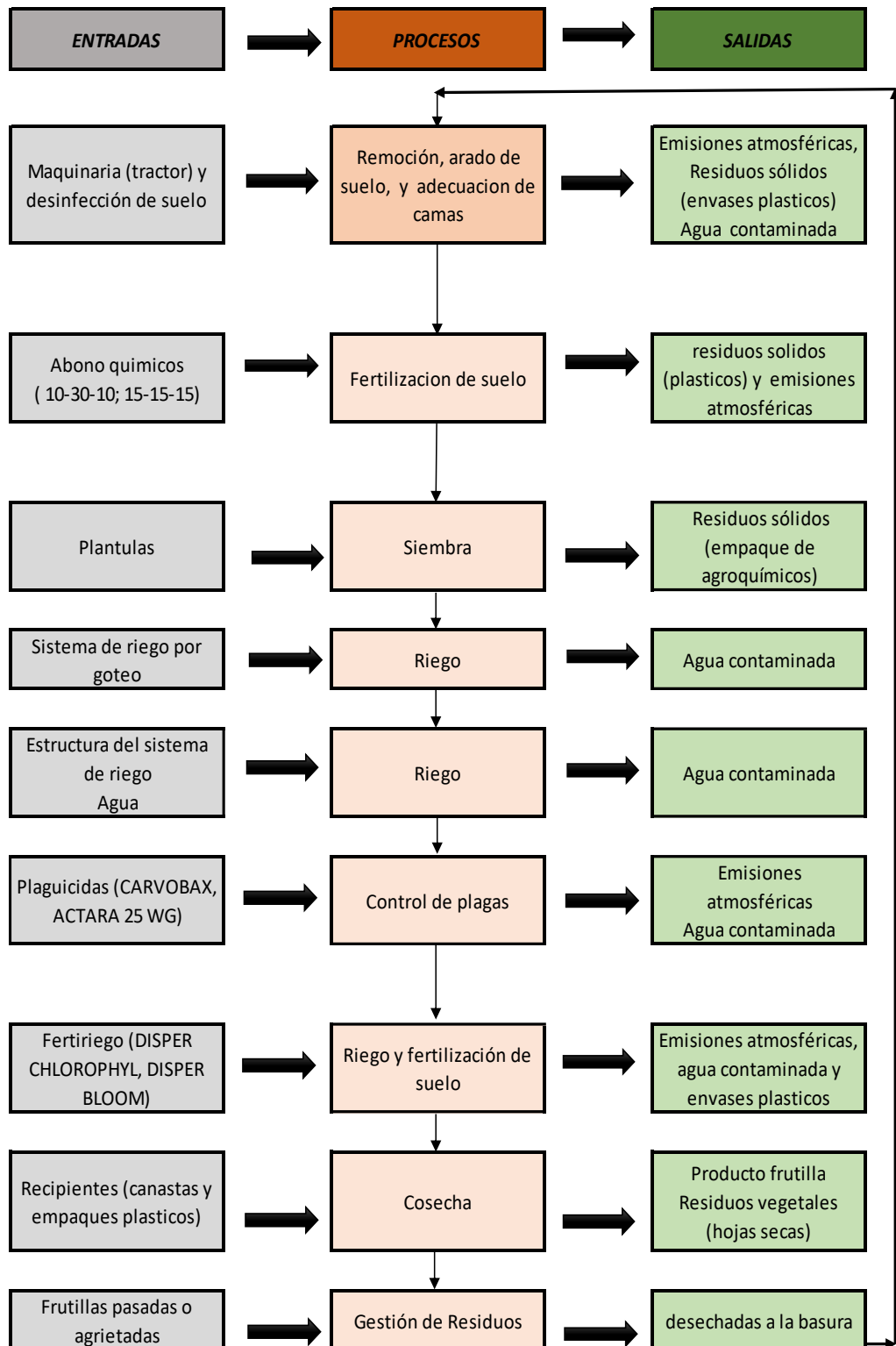
En los diagramas de la figura 2 y 3 se describen los procesos que se realizan en la fase agrícola de la frutilla para cultivos agroecológicos y cultivos convencionales.

### Diagrama de proceso de la fase agrícola de la frutilla en el sistema agroecológico



**Figura 2.** Diagrama de procesos con entradas y salidas de la fase agrícola de la frutilla en el sistema agroecológico  
Elaborado por: W. Álvarez

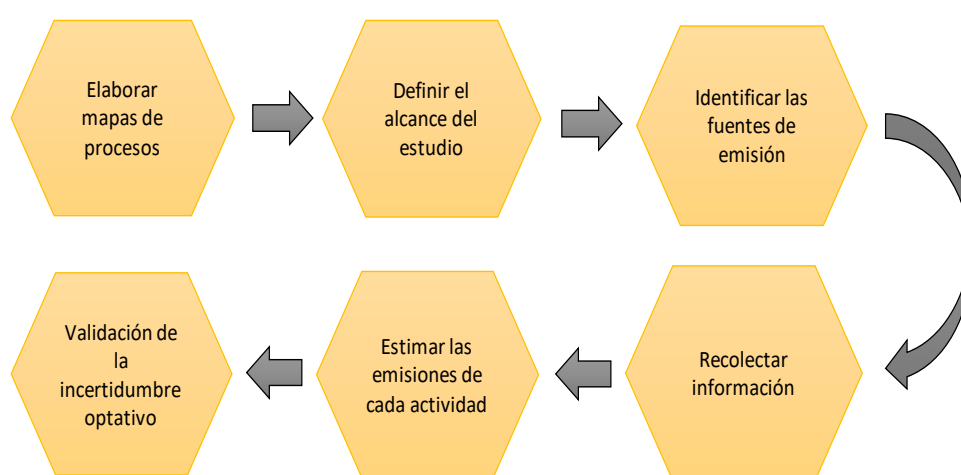
### Diagrama de proceso de la fase agrícola de la frutilla en el sistema Convencional



**Figura 3.** Diagrama de procesos con entradas y salidas de la fase agrícola de la frutilla en el sistema convencional  
Elaborado por: W. Álvarez

### 4.3 Metodología para el cálculo de Huella de Carbono.

Se utilizó la metodología de la PAS 2050 (2008) (Publicly Available Specification) con los pasos señalados en la Figura 4, este método está orientado al cálculo de emisiones de servicios y productos, bajo las normativas para el Análisis del Ciclo de Vida ISO 14040, ISO 14067 y los lineamientos de IPCC (2006) para estimar los gases de efecto invernadero.



**Figura 4.** Procedimiento para determinar Huella de carbono de un producto  
Fuente: (Ana , Miguel , & Luis Garnier, 2017)

Para estimar los GEI y huella de carbono según los lineamientos del IPCC (2006), se tiene tres niveles de estimación, nivel 1, considerado el método más simple de los 3 niveles por utilizar datos y ecuaciones por defecto, nivel 2, en donde los datos y factores de emisión son definidos por cada y nivel 3, utiliza modelos, datos y factores de emisión definidos (IPCC, 2006a). En esta investigación se utiliza el nivel 1 para estimación de GEI.

#### 4.3.1 Emisiones por combustión de fuentes móviles.

En la estimación de emisiones GEI para fuentes móviles, se utilizó el volumen 2 sobre Energía del IPCC (2006), correspondientes a los capítulos 1 y 3, en donde se especifican los factores de emisión y ecuación (1) para la estimación de emisiones de transporte y equipos todo terreno, que utilizan combustible fósil, esto es necesario ya que en los cultivos convencionales en estudio se emplea maquinaria tordo terreno como tractores para arado.

$$\text{Emisión} = \sum_j (\text{Combustión}_j * \text{EF}_j) \quad (1)$$

Fuente: (IPCC, 2006b)

Donde:

Emisión se refiere a los Kg de CO<sub>2</sub>, Combustión<sub>j</sub> es el combustible que consume en TJ, EF es el factor de emisión en Kg/TJ .

Para obtener la cantidad de combustible en Kg que se utilizó en la fase agrícola es necesario proceder a calcularlo mediante la densidad de cada tipo de combustible con los valores de la tabla 11.

**Tabla 11.**  
*Densidad de combustibles*

Tipo	Densidad	Unidades
Diésel	832	$\frac{\text{kg}^3}{\text{m}}$
Gasolina	745	$\frac{\text{kg}^3}{\text{m}}$

Fuente: (BIO GRACE . (s.f), 2011)

Los Kg de combustible se multiplican por el valor calórico neto de la tabla 12, obteniendo los TJ, de combustible consumido.



**Tabla 12.**  
*Valores calóricos netos (VCN) de combustibles*

<b>Combustible Superior</b>	<b>VCN (TJ/Gg)</b>	<b>Lím. Inferior</b>	<b>Lim.</b>
Gasolina	44,3	42,5	44,8
Diésel	43	41,4	43,3

Fuente: (IPCC, 2006c)

Se obtiene los valores de emisión en Kg de CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub>, resultado que se consigue de multiplicar por los factores de emisión GEI descritos en la tabla 13.

**Tabla 13.**  
*Factores de emisión en agricultura para fuentes móvil y maquinaria todo terreno*

<b>Tipo de combustible</b>	<b>CO<sub>2</sub> (Kg/TJ)</b>	<b>CH<sub>4</sub> (Kg/TJ)</b>	<b>N<sub>2</sub>O (Kg/TJ)</b>
Diésel	74 100	4,2	28,6

Fuente: (IPCC, 2006b, pág. 36)

En la tabla 10 se describe los factores de conversión para obtener CO<sub>2</sub>eqde cada una de las emisiones GEI.

**Tabla 14.**  
*Factor de conversión a CO<sub>2</sub> eq (Potencial de calentamiento Global GWP)*

CO <sub>2</sub>	1	CO <sub>2</sub> eq
CH <sub>4</sub>	25	CO <sub>2</sub> eq
N <sub>2</sub> O	298	CO <sub>2</sub> eq

Fuente: (IPCC, 2006b)

#### 4.3.2 Emisiones directas de N<sub>2</sub>O

Para estimación de emisiones directas de N<sub>2</sub>O, se utiliza el IPCC (2006), AFOLU, Vol. 4. La metodología determina las emisiones directas de N<sub>2</sub>O, que se generan en las actividades agrícolas, en donde existen depósitos y flujos de compuestos que contienenN, como fertilizantes orgánicos y sintéticos, para lo cual de acuerdo al sistema de cultivo sea agroecológico y convencional se aplicó las siguientes ecuaciones.

$$N_2O_{\text{directas}} - N = N_2O - N_{\text{Naportes}} \quad (2)$$

(IPCC, 2006d, pág. 7)

Donde:

$N_2O_{\text{directas}} - N$  son las emisiones directas en Kg de  $N_2 - N$  producidas al año por gestión de suelos (IPCC, 2006d)

$$N_2O - N_{\text{Naportes}} = (F_{\text{SN}} + F_{\text{ON}} + F_{\text{CR}} + F_{\text{SOM}}) * FE_1 \quad (3)$$

Fuente: (IPCC, 2006d, pág. 7)

Donde:

$N_2O - N_{\text{Naportes}}$  = cantidad de formada por la diferencia del nitrógeno agregado con el  $NO_2$  generado,  $F_{\text{SN}}$ = cantidad de N inorgánico aplicado a través de fertilizantes sintético,  $F_{\text{ON}}$ = cantidad de estiércol animal, compost y lodos cloacales portados al cultivo,  $F_{\text{CR}}$ = N que se produce por residuos agrícolas,  $F_{\text{SOM}}$ = N que se produce por la mineralización de los suelos agrícolas y  $FE_1$ = que corresponde al factor de emisiones de  $NO_2$ , que tiene un valor de 0,010 (%), utilizado en aplicaciones de abonos orgánicos, residuos minerales y fertilizantes sintéticos (IPCC, 2006d).

Para determinar el valor de emisiones directas de  $NO_2$ , es preciso establecer las ecuaciones con las diferencias correspondientes al tipo de sistema agrícola en estudio, en este caso se quita o aumentara variables dependiendo si es cultivo es agroecológico Ecuación (4) o si es cultivo convencional Ecuación (5).

$$N_2O - N_{\text{Naportes}} = [(F_{\text{ON}} + F_{\text{CR}}) * FE_4] * 44/28 \quad (4)$$

Fuente: (IPCC, 2006d, págs. 7-11)

$$N_2O - N_{\text{Naportes}} = [(F_{\text{SN}} + F_{\text{CR}}) * FE_1] * 44/28 \quad (5)$$

Fuente: (IPCC, 2006d, págs. 7-11)

En la Ecuación 6 se expresa los resultados obtenidos de las emisiones aportadas en las Ecuaciones (4) y (5) a Kg de N<sub>2</sub>O

$$\text{Kg N}_2\text{O} = \text{N}_2\text{O} - \text{N}_{\text{directa}} * 44/28 \quad (6)$$

Fuente: (IPCC, 2006d)

$$\frac{\text{kg CO}_2\text{eq}}{\text{kg producto}} = \text{Kg N}_2\text{O} * \text{GWP} \quad (7)$$

Fuente: (IPCC, 2006d)

### 4.3.3 Emisiones Indirectas de N<sub>2</sub>O

Para la estimación de las emisiones de N<sub>2</sub>O indirectas, es preciso establecer las ecuaciones con las diferencias correspondientes al tipo de sistema agrícola en estudio, en este caso se quita o aumentara variables dependiendo si es cultivo es agroecológico Ecuación (8) o si es cultivo convencional Ecuación (9).

$$\text{N}_2\text{O}_{(\text{ADT})} - \text{N} = (\text{F}_{\text{ON}} * \text{Frac}_{\text{GASM}}) * \text{EF}_4 \quad (8)$$

Fuente: (IPCC, 2006d, pág. 23)

$$\text{N}_2\text{O}_{(\text{ADT})} - \text{N} = (\text{F}_{\text{SN}} * \text{Frac}_{\text{GASF}}) * \text{EF}_4 \quad (9)$$

Fuente: (IPCC, 2006d, pág. 23)

Donde:

$\text{N}_2\text{O}_{(\text{ADT})} - \text{N}$  = es emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O,  $\text{F}_{\text{ON}}$  = es el N que se genera debido a los residuos que se producen en la fase agrícola,  $\text{Frac}_{\text{GASM}}$  = es fracción de N que se volatiliza de los fertilizantes orgánicos,  $\text{F}_{\text{SN}}$  = es la cantidad como compost de procedencia animal,  $\text{Frac}_{\text{GASF}}$  = es fracción de N que se volatiliza de los fertilizantes

de origen químico y EF= es el factor de emisión indirecta, es decir de volatilización de N en fertilizantes, cuyos valores se los describe en la tabla 15 (IPCC, 2006d).

**Tabla 15.**

*Factor de emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O para suelos gestionados*

Factor de emisión	Descripción	Valor
<b>Indirecta (%)</b>		
EF <sub>4</sub>	Para el N del fertilizante que se aplica se volatiliza	0,010
Frac <sub>GASM</sub>	Fracción de volatilización de N que compone el estiércol, fertilizante orgánico y orina de animal	0,200
Frac <sub>GASF</sub>	Fracción de volatilización de N que compone el fertilizante sintético.	0,100

Fuente: (IPCC, 2006d, pág. 26).

En la Ecuación 10 se expresa los resultados obtenidos de las emisiones aportadas en las Ecuaciones (8) y (9) a Kg de N<sub>2</sub>O indirectas.

$$\text{Kg N}_2\text{O} = \text{N}_2\text{O} - \text{N}_{\text{directa}} * 44/28 \quad (10)$$

Fuente: (IPCC, 2006d)

En la ecuación (11) se describe el resultado de la ecuación (10) multiplicado por el factor de emisión, Potencial de calentamiento Global GWP.

$$\frac{\text{kg CO}_2\text{eq}}{\text{kg de producto}} = \text{N}_2\text{O} - \text{N}_{\text{Naportes}} * \text{GWP} \quad (11)$$

Fuente: (IPCC, 2006d)

#### 4.3.4 Emisiones de CO<sub>2</sub> por encalado

Para estimar el valor de emisiones CO<sub>2</sub> para aplicaciones cal en los cultivos se utiliza la ecuación (12).

$$\text{CO}_2 - \text{C} = \text{M}_{\text{caliza}} * \text{EF}_{\text{caliza}} \quad (10)$$

(IPCC, 2006d)

Donde:

$CO_2 - C =$  es el C emitido por año al colocar enmiendas de cal en un cultivo,

$M_{caliza}$  es la cantidad de piedra caliza ( $C_aCO_3$ ) en Ton C/año cuyo factor de emisión de caliza es 0,12 (IPCC, 2006d).

#### 4.3.5 Emisiones de kg CO<sub>2</sub>eq generadas por el empleo de fertilizantes y plaguicidas

En la estimación de kg CO<sub>2</sub>eq por kg de producto (frutilla), se utiliza los factores de conversión para fertilizantes, plaguicidas y poder calórico inferior de la tabla 16.

**Tabla 16.**  
*Factores de conversión para fertilizantes y plaguicidas*

Aspecto	Unidades	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	Plaguicidas
Factor de emisión	(kg CO <sub>2</sub> eq/kg)	5,88	1,01	0,58	0,13	11
Energía	(MJ combustible/Kg)	49	15,2	9,68	1,97	268

Fuente: (BIO GRACE . (s.f), 2011)

$$\frac{\text{Kg CO}_2\text{eq}}{\text{hectarea}} = \text{Cantidad de fertilizante} * \text{FE} \quad (11)$$

Fuente: (BIO GRACE . (s.f), 2011)

#### 4.3.6 Unidad funcional.

Se tomó como unidad funcional 1 kg de frutilla.

La ecuación 11 se aplicó para obtener el valor final de emisiones GEI.

$$\text{kg CO}_2\text{eq} = \text{actividades agricolas} * \text{factor de emision} * \text{GWP} \quad (11)$$

$$\text{HC (emisiones GEI)} = \frac{\text{kg CO}_2\text{eq}}{\text{kg de producto}} \quad (12)$$

#### **4.4 Metodología para el cálculo de Huella Hídrica**

La metodología utilizada para la estimación de la huella hídrica verde, azul y gris en la fase productiva de la frutilla se basa en el manual The Water Footprint, utilizando como herramienta principal el software CROPWAP 8.0 implementado por la FAO.

##### **4.4.1 Evapotranspiración de referencia ( $ET_0$ ) y precipitación efectiva**

Para obtener la información de  $ET_0$  (mm/día) y precipitación efectiva, en primer lugar, se obtuvo los datos meteorológicos del periodo desde 2015 hasta 2018 de la estación meteorológica EM-UPS-3, que pertenece a la Universidad Politécnica Salesiana, ubicada en la parroquia de Cangahua del cantón Cayambe. Los datos meteorológicos que se recopiló son: precipitación media mensual en (mm), humedad relativa media mensual en (%), insolación, temperatura media mensual en ( $^{\circ}C$ ), velocidad del viento en (m/s). Los valores de la información recopilada se la procesan en el software CROPWAP 8.0, donde se obtuvo como resultado  $ET_0$  (mm/día) ecuación (13) y precipitación efectiva en (mm) (Ver anexo 8).

##### **4.4.2 Evapotranspiración del cultivo ( $ET_c$ )**

La  $ET_c$  se la determinó mediante cálculos efectuados en Excel, utilizando la ecuación (14)

$$ET_c = K_c * ET_0 \quad (14)$$

( Allen, Pereira, Dirksen, & Smith, 2006, pág. 89)

Donde:

ETc = evapotranspiración del cultivo en (mm/día), Kc = coeficiente de cultivo y depende del tipo de cultivo, ETo= evapotranspiración de referencia en (mm/día) (Acuña & Llerena , 2001).

#### 4.4.3 Datos del cultivo

En la sección cultivo de CROTWAP 8.0 se completa la información de los valores de Kc de coeficiente único de cultivo de frutilla determinado en ( Allen, Pereira, Dirk , & Smith, 2006) tabla 17, etapas del cultivo en días, profundidad radicular, altura de cultivo, agotamiento crítico, y rendimiento  $k_y$  (Ver anexo 9).

**Tabla 17.**  
*Valores de Kc para el cultivo de frutilla*

Coeficiente único del cultivo			Prof. Radicular (m)		Altura de cultivo(m)
Kc inicial	Kc medio	Kc fin	Prof. inicial	Prof. medio	
0,4	0,85	0,75	0,10	0,3-0,4	0,20

Fuente: ( Allen, Pereira, Dirk , & Smith, 2006, pág. 111)

#### 4.4.4 Datos del tipo de suelo del cultivo

Los datos del tipo de suelo del cultivo de frutilla se los obtuvo en laboratorio, los mismos que nos ayudan a seleccionar el tipo de suelo en CROTWAT (Ver anexo 9). Para obtener datos de tasa máxima de infiltración (mm/día), agua total disponible, agotamiento en las zonas de las raíces, cálculo de estrés hídrico los mismos que son producto de cálculos realizados en Excel y formulas proporcionadas en las Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos ( Allen, Pereira, Dirk , & Smith, 2006).

#### **4.4.5 Requerimiento de agua de cultivo (RAC)**

En cuanto al requerimiento de agua del cultivo es determinado de manera automática por el software CROTWAT 8.0 (Ver anexo 11), el mismo que nos proporcionó de los valores de requerimiento de riego para determinar huella hídrica azul y la precipitación efectiva del cultivo para determinar huella hídrica verde.

#### **4.4.6 Rendimiento productivo**

El rendimiento del cultivo esta dado en toneladas de frutilla por metro cuadrado, que se determinó por el peso de las frutillas cosechas en un día de producción y luego el peso en Kg de frutilla en una temporada de cosecha.

$$\text{Rendimiento de frutilla (Y)} = \frac{\text{Kilogramos de frutilla cosegada}}{\text{metros cuadrados de cultivo}} \quad (15)$$

#### **4.4.7 Huella Hídrica verde**

Corresponde, al resultado de volumen de agua de la precipitación efectiva proveniente del RAC en CROTWAP 8.0, para el rendimiento del cultivo, descrito en la ecuación (16).

$$\text{HH Azul} = \frac{P_{\text{efectiva}}}{Y} \frac{(\text{m}^3)}{(\text{Ton})} \quad (16)$$

(Hoektra, Chapagain, & Aldana, 2011)

#### **4.4.8 Huella Hídrica azul**

Corresponde, al resultado de volumen de agua que proviene de sistemas de riego implementados por el hombre, cálculo del RAC en CROTWAP 8.0 para el rendimiento del cultivo, descrito en ecuación (17).



$$HH \text{ Azul} = \frac{RAC_{\text{azul}}}{Y} \frac{(m^3)}{(Ton)} \quad (17)$$

(Hoektra, Chapagain, & Aldana, 2011)

#### 4.4.9 Huella Hídrica Gris

Se obtiene como resultado de la ecuación (18), en donde se considera los fertilizantes y plaguicidas utilizados en los cultivos del sistema convencional (Ver anexo 12).

$$HH \text{ Gris} = \frac{\frac{AR * \alpha}{(C_{\text{max}} - C_{\text{nat}})}}{Y} \frac{(m^3)}{(Ton)} \quad (18)$$

(Hoektra, Chapagain, & Aldana, 2011)

Donde:

AR=cantidad de agroquímico utilizado por hectárea de cultivo,  $\alpha$ =fracción de lixiviación,  $C_{\text{max}}$  = concentración máxima permisible en la fuente receptora tabla 18,  $C_{\text{nat}}$  = concentracion natural en la fuente receptora.

**Tabla 18.**

*Límites permisibles en agua de riego*

Elemento	mg/l
Manganeso (Mn)	0,20
Zinc (Zn)	2,00
Sodio ((Na))	69,0
Nitrógeno (N – NO <sub>3</sub> )	5,00
Boro (B)	1,00
Hierro (Fe)	5,00

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2002)

La huella hídrica total se determina mediante la ecuación (19) para cultivos agroecológico y ecuación (20) para cultivos convencionales.

$$HHT_{\text{agroecológico}} = HH \text{ Azul} + HH \text{ verde} \quad (19)$$

(Hoektra, Chapagain, & Aldana, 2011)

$$HHT_{\text{conv.}} = HH \text{ Azul} + HH \text{ verde} + HH \text{ gris} \quad (20)$$

(Hoektra, Chapagain, & Aldana, 2011)

## 5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Fase de campo: levantamiento de información

Los datos obtenidos tabla 19 en diversas visitas de campo realizadas en los meses de julio 2018 hasta febrero de 2019. Además, los cultivos agroecológicos y convencionales de frutilla se concentraron concentrados en la parroquia de Cangagua.

**Tabla 19.**  
*Datos obtenidos en campo*

Cultivo	Tipo	Área de Cultivo (m)	Latitud	Longitud
CA1	Agroecológico	800	0,001244	-78,214640
CA2	Agroecológico	700	0,001693	-78,216603
CA3	Agroecológico	2667	0,000847	-78,224009
CC1	Convencional	2793	0,000067	-78,218993
CC2	Convencional	1186	0,000099	-78,215509
CC3	Convencional	3197	0,000319	-78,220275

Elaborado por: Wilson Álvarez

### 5.2 Resultados físico-químicos para suelo

Los resultados de análisis físico químico, obtenidos en laboratorio tabla 20, evidencian que los suelos de sistemas agroecológicos tienen un pH neutro mientras que los sistemas convencionales presentan un pH ligeramente alcalino. El pH adecuado del suelo franco arenoso para cultivar frutilla es de 6-7,5 (INIA, 2017), los datos de pH obtenidos de los cultivos agroecológicos están dentro del rango adecuado para cultivo con un valor máximo de 7,4 para el cultivo CA2, mientras que en los cultivos convencionales todos tienen valores de pH superiores al adecuado para cultivar frutilla siendo el valor mínimo de 7,84. La ligera alcalinidad que presenta el suelo de los cultivos convencionales afecta al crecimiento de la planta y perjudicar el desarrollo de

los microorganismos benéficos, este aumento de pH se debe a la utilización de carbonatos de calcio y compuestos de calcio en sus actividades agrícolas.

Los valores de conductividad permisibles dentro de la norma de calidad del recurso suelo del libro VI, anexo 2 establece que la conductividad eléctrica normal es de 2 dS/m (MAE, 2015), también el INIA establece que la conductividad eléctrica adecuada del suelo para que la planta alcance un buen desarrollo es de valores menores a 1 dS/m para suelos franco arenosos y arenosos franco (INIA, 2017), en la tabla podemos observar que los suelos de cultivos agroecológicos con 0.5 dS/m de promedio y suelos de cultivos convencionales con 0.4 dS/m de promedio, cumplen con los criterios definidos de calidad de suelo por el Texto Unificado de Legislación secundario y los criterios adecuados de suelo del INIA.

La presencia de materia orgánica en los suelos es fundamental para que los suelos puedan ser mineralizados por organismos descomponedores, permitiendo que el suelo disponga de nutrientes necesarios para el cultivo, también hace que los limos, arcillas y arenas permanezcan unidos con cierta compactación, presenta gran importancia en la retención de agua que es disponible para las raíces de las plantas, los limos arcillas y arenas permanezcan unidos con cierta compactación. Los valor ideal de MO en los suelos de cultivo de frutilla es de 2 a 3% y que por lo menos no sean inferiores a 1% (SENA, 2014), los cultivos con mayor cantidad de MO presente son los agroecológicos, con un valor máximo de 2,75% y un mínimo de 2,13% rango que está dentro del contenido ideal para producción de frutilla según (SENA, 2014), mientras que en los cultivos convencionales el CC3 presenta 2,72% un valor ideal para la producción, los cultivos CC1 Y CC2 tienen un valor superior al mínimo de 1% y menor al adecuado ideal que es de 2%, estos resultados nos permite deducir que los cultivos agroecológicos al tener porcentajes de MO ideales para el cultivo de fresa, la planta tendrá mejor disposición de agua y nutrientes.

**Tabla 20.***Resultados de suelo de los parámetros físico-químico en cultivos agroecológicos de frutilla*

Parámetros	Unidades	Cultivos agroecológicos			Cultivos convencionales		
		CA1	CA2	CA3	CC1	CC2	CC3
pH	-	7,25	7,44	7,16	8,06	7,96	7,84
Conductividad	dS/m	0,49	0,27	0,32	0,45	0,53	0,52
Potasio	meq/100 g	2,46	1,67	0,87	1,23	1,1	1,17
Fósforo	Ppm	77,62	84,79	92,84	70,44	53,17	65,84
Materia Orgánica	%	2,46	2,75	2,13	1,08	1,57	2,72
Nitrógeno	%	0,12	0,14	0,11	0,05	0,08	0,14

Elaborado por: W. Álvarez

Se observa en la tabla 21 que los suelos de cultivos convencionales y suelos de cultivos agroecológicos presentan similares características texturales, presentan suelos franco-arenosos, son suelos de textura moderadamente gruesa con un diámetro de 0.05 a 2 mm (Rucks & Garcia , 2004), tienen una permeabilidad y alta por lo tanto problemas para retención de agua y nutrientes, tienen buena aireación lo que ayuda a los organismos a vivir y a las plantas ayudan a absorber los nutrientes. También presentan suelos arenosos francos este tipo de suelo contiene más del 60% de arena gruesa con diámetros de 0,5 a 1 mm (Rucks & Garcia , 2004), estas condiciones hace que sea un suelo muy permeable y con baja retención de agua, por esta razón la adición de nutrientes al suelo debe ser mayor y más frecuente porque los suelos de estas condiciones se lavan fácilmente y los nutrientes escurren, en el caso de los cultivos convencionales al utilizar fertilizantes sintéticos en suelos de estas características contaminan las aguas subterráneas debido a que los nutrientes se lavan fácilmente y escurren a capas más profundas del suelo.

**Tabla 21.**  
*Clases texturales*

Cultivos	Unidad	Sistema agroecológico de frutilla			Sistema convencional de frutilla		
		CA1	CA2	CA3	CC1	CC2	CC3
<b>Arenas totales</b>	%	76	74	78	84	78	74
<b>Arcillas totales</b>	%	4	6	4	4	4	6
<b>Limos</b>	%	20	20	18	12	18	20
<b>Textura</b>	-	Franco Arenoso	Arenoso Franco	Arenoso Franco	Arenoso Franco	Arenoso Franco	Franco Arenoso

Elaborado por: W. Álvarez

### 5.3 Resultados físico- químicos para agua de riego

Los cultivos de los sistemas convencional y agroecológico son regados con agua del canal Guanguilqui, en el análisis tabla 22, los valores de pH obtenidos para el cultivo de frutilla en los dos sistemas agrícolas son de pH neutro, los resultados obtenidos del parámetro conductividad que se registraron en los dos sistemas no superan 0,70 dS/m, por lo cual se encuentra dentro del límite máximo permisible establecido en el libre VI anexo, anexo 1 que determina los parámetros de calidad de agua de riego (MAE, 2015), el parámetro Bicarbonatos también mantiene en un rango normal ya que es son valores muy inferiores al límite permitido que es de 4 meq/l (MAE, 2015), por lo tanto en cada uno de los sistemas agrícolas el agua que utilizan es apta para los cultivos de frutilla.

**Tabla 22.**  
*Resultados de agua de los parámetros físico-químico*

Parámetros	Unidad	Cultivos agroecológicos			Cultivos convencionales		
		CA1	CA2	CA3	CCV1	CCV2	CCV3
pH	-	6,96	7,07	7,1	7,13	7,02	7,24
Turbiedad	NTU	9,06	9,48	10,18	8,96	7,72	7,42
Conductividad	mmhos/cm	0,15	0,13	0,11	0,19	0,12	0,09
Carbonatos	meq/l	0	0	0	0	0	0
Bicarbonatos	meq/l	1.033	1,27	1,15	1,21	1,48	1,13

Elaborado por: W. Álvarez

#### 5.4 Resultado de análisis bromatológico del producto (frutilla)

El análisis bromatológico fue realizado en los laboratorios acreditados LABOLAB.

En la tabla 23, se presentan los análisis bromatológicos en donde se evidencia que no existe presencia de plaguicidas en el producto, por lo que se puede asegurar que es resultado del laboreo de los agricultores y la materia orgánica presente facilita la absorción de los plaguicidas.

**Tabla 23.**

*Resultados de análisis de plaguicidas*

Parámetro	Unidad	PRODUCTO FRUTILLA	
		Agroecológico	Convencional
Codificación muestra		AC005	LT-002
Organoclorados	mg/Kg	< 0,01	< 0,01
Organofosforados	mg/Kg	< 0,01	< 0,01
Piretrinas	mg/Kg	< 0,01	< 0,01
Piretroides	mg/Kg	< 0,01	< 0,01
Dicarbamatos	mg/Kg	< 0,1	< 0,1

Fuente: LA BOLAB

#### 5.5 Resultados de análisis a abonos agroecológicos

El análisis de fertilizantes utilizados en los sistemas agroecológicos los realizó los laboratorios acreditados LABOLAB.

**Tabla 24.**

*Resultados de análisis de fertilizantes*

PARÁMETRO	Frutilla	
	AGROECOLÓGICO	
	AC F002 (Bocashi)	AC F002 (Biol)
NT (%)	1,21±0,04	0,03
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	14.888	0,0125
K <sub>2</sub> O (%)	2.153	0,0880

Fuente: LA BOLAB

## 5.6 Resultados de Huella de Carbono (emisiones de GEI).

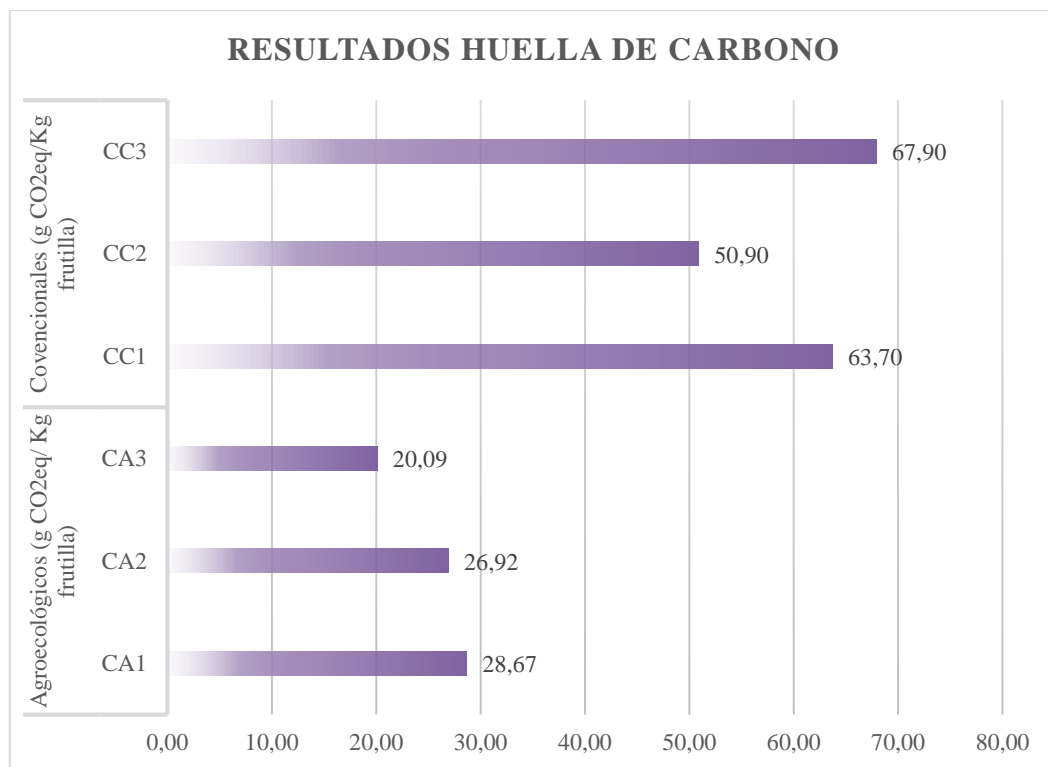
En la tabla se presentan los resultados de estimación de emisiones GEI.

**Tabla 25.**  
*Resultados de huella de carbono*

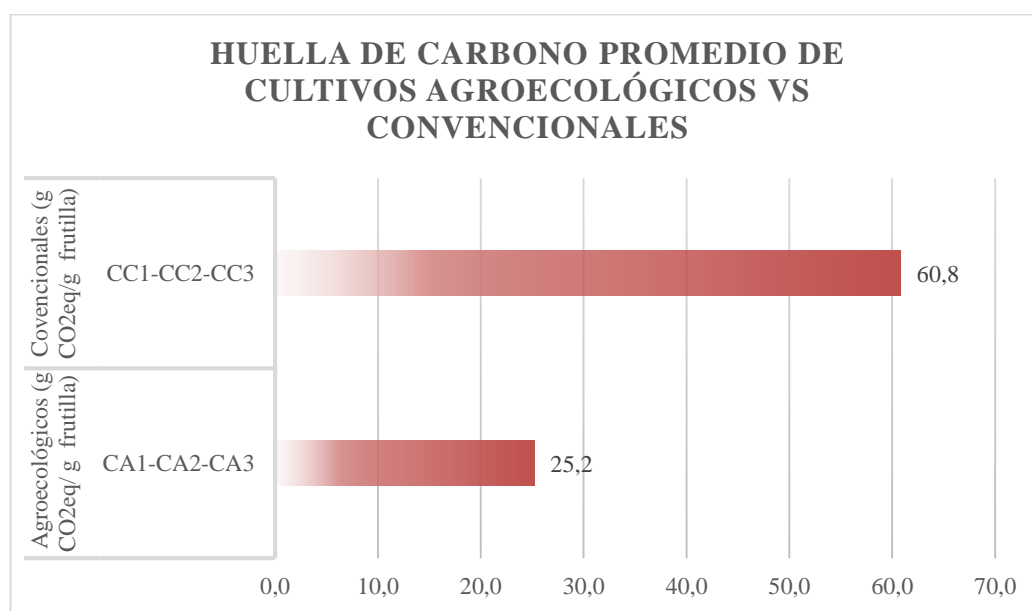
<b>Entradas</b>	<b>Agroecológicos (g CO<sub>2</sub>eq/ Kg frutilla)</b>			<b>Convencionales (g CO<sub>2</sub>eq/Kg frutilla)</b>		
	<b>CA1</b>	<b>CA2</b>	<b>CA3</b>	<b>CC1</b>	<b>CC2</b>	<b>CC3</b>
Combustibles	0.00	0.00	0.36	10.08	17.12	10.74
Semillas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
GEI						
fertilizantes (producción)	16.97	15.93	12.32	19.30	18.92	29.22
Encalado (produccion)	0.00	0.00	0.31	0.82	0.04	0.81
GEI						
fertilizantes (uso)	11.70	10.99	7.10	11.52	11.26	8.33
Encalado (uso)	0.00	0.00	0.01	16.45	0.89	16.36
Pesticidas	0.00	0.00	0.00	5.53	2.66	2.44
<b>Total</b>						
<b>Emisión de CO<sub>2</sub> eq / g de frutilla</b>	28.67	26.92	20.09	63.70	50.90	67.90

Elaborado por: W. Álvarez

Como se muestra en figuras 5 y 6 los resultados de huella de carbono evidencian que las prácticas agrícolas convencionales con 60,8 g CO<sub>2</sub>eq / Kg de frutilla emiten aproximadamente un 41,4 % más gases de efecto invernadero a la atmosfera que las prácticas agrícolas agroecológicas con 25,2 g CO<sub>2</sub>eq / Kg de frutilla, esto se debe al uso de fertilizantes químicos y plaguicidas en los cultivos convencionales, en contraste con los agroecológicos que utilizan biofertilizantes, insumos ecológicos que generan menor cantidad de gases de efecto invernadero, existe una diferencia muy marcada entre los dos sistemas agrícolas, se debe en su mayoría al consumo de combustible para el arado que en los sistemas convencionales representa el 21 % de emisiones, en los sistemas agroecológicos no utilizaron maquinaria para arado.



**Figura 5.** Resultado de huella de carbono para los sistemas convencional y agroecológico



**Figura 6.** Huella de carbono promedio de los cultivos agroecológicos y convencionales

## 5.7 Resultados de Huella Hídrica

En la tabla 26 se describen los resultados de huella hídrica azul, verde y gris, estos valores corresponden a la cantidad de agua utilizada por el cultivo durante cada una de



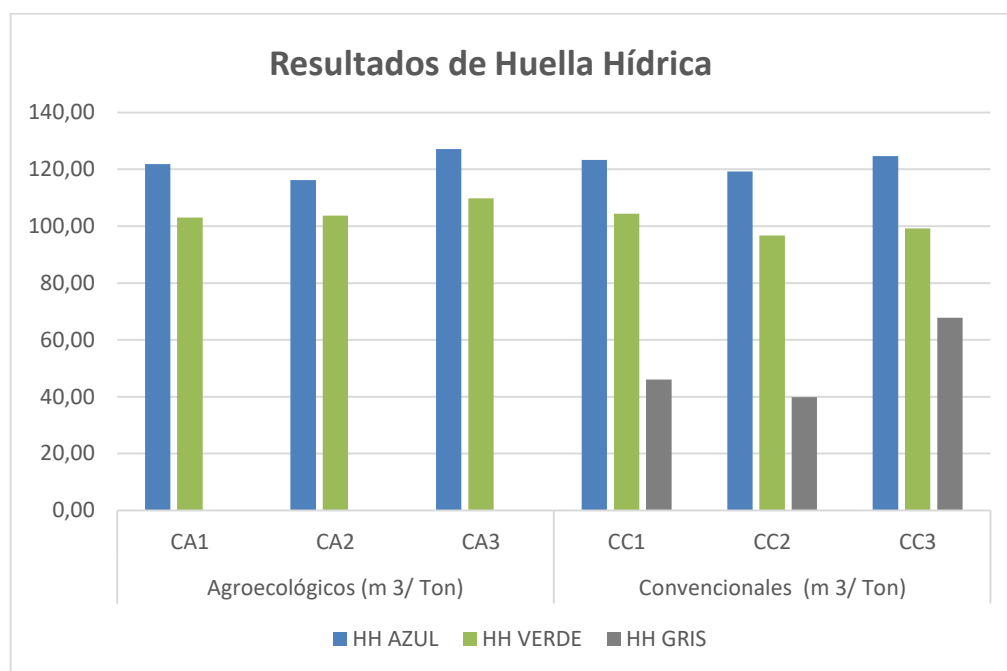
las etapas fenológicas de la frutilla, es decir el agua necesaria para compensar pérdidas por evapotranspiración, la cantidad de huella hídrica verde en los cultivos agroecológicos y cultivos convencionales son similares, debido a que están ubicados en la misma zona y comparten las mismas condiciones ambientales y meteorológicas. Además, la cantidad de huella azul entre los sistemas convencional y agroecológico no presenta diferencias grandes, porque los suelos de los cultivos son francos arenosos, y comparten las mismas propiedades de evapotranspiración.

**Tabla 26.**

*Resultados de las huellas hídricas de cultivos convencionales y agroecológicas*

Resultados	Agroecológicos (m 3/ Ton)			Convencionales (m 3/ Ton)		
	CA1	CA2	CA3	CC1	CC2	CC3
HH AZUL	121,82	116,25	127,14	123,32	119,27	124,70
HH VERDE	103,04	103,75	109,79	104,39	96,79	99,26
HH GRIS	0,00	0,00	0,00	46,05	39,84	67,73
<b>HH TOTAL</b>	<b>224,86</b>	<b>220,01</b>	<b>236,93</b>	<b>273,77</b>	<b>255,89</b>	<b>291,69</b>

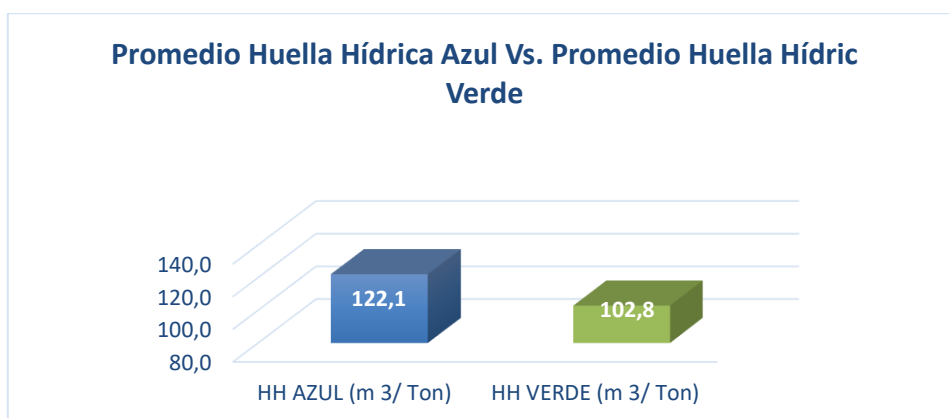
Elaborado por: Alvarez Wilson



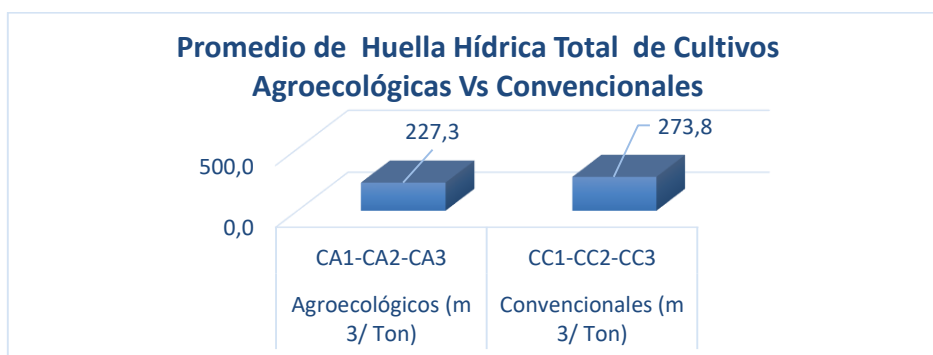
**Figura 7.** Resultados de HH azul, HH verde y HH gris de los sistemas convencional y agroecológico

La cantidad promedio figura 8 de huella hídrica azul con 122,1 m<sup>3</sup>/Ton es mayor que la cantidad promedio de huella hídrica verde con 102,8 m<sup>3</sup>/Ton, ya que las necesidades hídricas del cultivo de frutilla es exigente para favorecer el rendimiento en la producción de frutillas, por esta razón es necesario establecer sistemas de riego que cubran las necesidades hídricas.

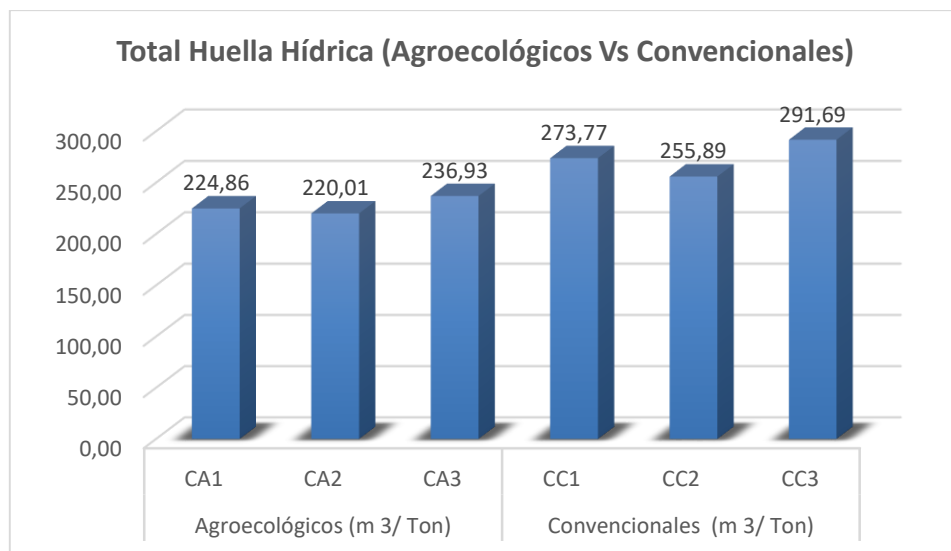
En el figura 9 de las huellas hídricas totales promedio se puede evidenciar que la HH en los cultivos agroecológicos es de 227,3 m<sup>3</sup>/Ton y en los cultivos convencionales es 273,8 m<sup>3</sup>/Ton es decir los convencionales consumen un 17% más de agua correspondiente a 46,5 m<sup>3</sup>/Ton , que representa a la huella hídrica gris que es la cantidad de agua contaminada con los productos químicos como fertilizantes y plaguicidas, para aplicarlos al cultivo de frutillas.



**Figura 8.** Valores promedio de huella hídrica azul y huella hídrica verde de los cultivos Convencionales y agroecológicos



**Figura 9.** Promedio de huella hídrica total de los cultivos convencionales y agroecológicos



**Figura 10.** Huella hídrica total de cada cultivo

## 5.8 Rendimiento productivo

**Tabla 27.**

*Datos obtenidos en campo de los cultivos de frutilla*

Cultivo	Tipo	Área de Cultivo (m)	Rendimiento (kg frutilla/m <sup>2</sup> )
CA1	Agroecológico	800	5,08
CA2	Agroecológico	700	5,09
CA3	Agroecológico	2667	4,71
CC1	Convencional	2793	5,00
CC2	Convencional	1186	5,23
CC3	Convencional	3197	5,17

Elaborado por: W. Álvarez

## **6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1 Conclusiones**

En las emisiones de huella de carbono para producir 1 Kg de frutillas, los cultivos convencionales emiten 60,8 g CO<sub>2</sub>eq / Kg de frutilla, mientras que los cultivos agroecológicos emiten 25,2 g CO<sub>2</sub>eq / Kg de frutilla, estos resultados permiten concluir que los procesos desarrollados por los sistemas convencionales causan mayor impacto ambiental, principalmente por la utilización de combustibles fósiles para tractores, labores de fertilización química y utilización de plaguicidas para el control de plagas.

Los análisis fisicoquímicos de suelo nos muestran que los pH del suelo de cultivos agroecológicos son los adecuados para frutilla mientras que en los suelos de cultivos convencionales se tiene un pH ligeramente alcalino, esta diferencia se manifiesta también el porcentaje de materia orgánica pues en los suelos de cultivos convencionales menor al 2% y en los suelos de cultivos agroecológicos es mayor al 2%.

La huella de carbono y huella hídrica se ven influenciados por el rendimiento y peso de las frutillas por planta, porque a mayor rendimiento y peso del producto los valores de huella de carbono y huella hídrica es menor.

Las necesidades de agua de los cultivos de frutilla son exigentes para obtener buenos rendimientos, la huella hídrica de los cultivos convencionales es de 273,8 m<sup>3</sup>/ton y de los cultivos agroecológicos es de 227.3 m<sup>3</sup>/ton, por lo tanto los sistemas convencionales producen un mayor impacto ambiental por su mayor consumo y contaminación de agua, la huella hídrica gris representa la diferencia entre las HH de

los dos sistemas agrícolas es de 46,5 m<sup>3</sup>/tonen que representa la huella gris generada por los cultivos convencionales debido a la utilización de fertilizantes químicos y pesticidas.

El rendimiento, en cuanto a la producción de frutillas presento diferencias, en los cultivos convencionales tenemos 5,13 kg frutilla/m<sup>2</sup>, en cambio en los cultivos agroecológicos se tiene una producción promedio de 4,96 kg frutilla/m<sup>2</sup>, es decir que los cultivos convencionales producirían 0,17 kg frutilla/m<sup>2</sup> o 1,7 Tn frutilla/ha más que los cultivos agroecológicos, esto se debe en parte a la utilización de agroquímicos que permite obtener ciertas ventajas rendimiento.

Los indicadores ambientales estimados, HC Y HH para ACV de la fase agrícola de la frutilla, permite concluir que los cultivos que realizan procesos agroecológicas son sostenibles, porque esta práctica es amigable con el medio ambiente, se demostró que genera menor emisión de GEI, menor consumo de agua y genera mejoras socioeconómicas al formar parte del SPG, estos resultados apoyan el sello SPG y aseguran la participación de campesinos y comunidades a integrarse a las practicas agroecológicas que garantiza un producto sano y de calidad.

## **6.2 Recomendaciones**

Se recomienda realizar la estimación de HC y HH en las fases siguientes de la frutilla como son la comercialización, distribución y generación de desechos, permitirá tener una información completa que fortalezca este proyecto agroecológico y de soberanía alimentaria.

Se recomienda que los estudios de ACV comparativos de cultivos convencionales y cultivos agroecológicos se desarrollen en otros sectores del país, para lograr establecer los impactos ambientales mediante indicadores de HH y HC.

## 7 BIBLIOGRAFÍA

- Allen, R., Pereira, L., Dirksen, R., & Smith, M. (2006). Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. *Evapotranspiración del cultivo*(56), 56-297. Rome. Obtenido de <http://www.fao.org/3/x0490s/x0490s02.pdf>
- Vera López, D. (22 de 10 de 2016). Nabón produce las frutillas más dulces y saludables de la región. *El Telegrafo*. Obtenido de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/nabon-produce-las-frutillas-mas-dulces-y-saludables-de-la-region>
- Acuña , O., & Llerena , T. (2001). Manual Postcosecha de frutilla. *Escuela Politecnica Nacional*. Obtenido de <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/906/1/L-SENESCYT-0078.pdf>
- AEC. (2016). La huella de carbono. *Centro Nacional de Información de la Calidad*. Obtenido de [https://www.aec.es/c/document\\_library/get\\_file?uuid=bf01ec8e-7513-46e1-8d1a-46a4c6f7784b&groupId=10128](https://www.aec.es/c/document_library/get_file?uuid=bf01ec8e-7513-46e1-8d1a-46a4c6f7784b&groupId=10128)
- AEMA. (2015). *Agencia Europea de Medio Ambiente*. Obtenido de La agricultura y el cambio climático: <https://www.eea.europa.eu/es/senales/senales-2015/articulos/la-agricultura-y-el-cambio-climatico>
- AGROCALIDAD. (19 de 6 de 2015). Instructivo Para Toma de Muestras de Agua. *Instructivo INT/SFA/12(2)*. Obtenido de <http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/pdf/laboratorios/suelos-foliare-aguas/instructivo-muestreo-aguas-laboratorios-agrocalidad.pdf>

AGROCALIDAD. (31 de 1 de 2018). Instructivo para Muestreo Bromatológico.

*Instructivo INT/B/09(4)*. Obtenido de

<http://www.agrocalidad.gob.ec/documentos/lab/02-INT-B-09-Tomade-muestras-para-an-lisis-bromatologicos-Rev-4.-Vigente.pdf>

AGROCALIDAD. (31 de 1 de 2018). Instructivo para Toma de Muestras de

Fertilizantes. *Instructivo INT/F/12(3)*. Obtenido de

<http://www.agrocalidad.gob.ec/documentos/lab/01-INT-F-012-DE-MUESTREO-DE-FERTILIZANTES-REV-3.pdf>

AGROCALIDAD. (31 de 1 de 2018). Muestreo para análisis de suelo. *Instructivo*

*INT/SFA/10(3)*. Obtenido de

<http://www.agrocalidad.gob.ec/documentos/lab/05-INTSFA10.-Rev3.-Vigente.pdf>

Ana , V., Miguel , V., & Luis Garnier. (23 de 6 de 2017). Guía Metodológica para la

Huella de Carbono y la Huella de Agua en la Producción Bananera. *Proyecto*

*ACCIÓN Clima II*, 9. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i8333s.pdf>

Andrango, D. (2017). Evaluación del Impacto Ambiental Provocado por el Proceso

de Producción de Frutilla (*Fragaria Dióica*) en la Comunidad de Inti

Huaycopungo, Parroquia González Suárez (Provincia De Imbabura).

*Repositorio de Tesis de Grado*. Pontificia Universidad Catolica del Ecuador,

Quito. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/13349>

Barragán, M., & Siachoque, R. (2017). *Evaluación de la huella hídrica de los*

*sistemas de produccion agrícola y pecuario predominantes en la*

*microcuenca de la Plata Ibagué*. Ibagué: Universidad de Tolima.



BIO GRACE . (s.f). (2011). *Complete list of standard values* (Vols. version 4 - Public). Obtenido de

<https://www.biograce.net/content/ghgcalculationtools/standardvalues>

Cámara de Comercio de Bogotá. (2015). Manual fresa. *Centro de Información Empresarial (CIEB)*(22), 1-62. Bogota, Colombia. Obtenido de

<http://hdl.handle.net/11520/14312>

Castillo, L., & Melo, L. (2015). Evaluación de la huella hídrica del cultivo de fresa en una finca del municipio de Sibaté, Cundinamarca. *Trabajo de Grado para Obstar por el titulo de Ingeniería Ambiental y Sanitaria*. Universidad la Salle. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10185/18008>

Chiqui, F., & Lema, M. (2010). Evaluacion en el cultivo de fresa (*Fragaria* sp.) variedad oso grande, bajo invernadero mediante dos tipos de fertilizacion (organica y química) en la parroquia Octavio Cordero Palacios, canton Cuenca. *Tesis previo a la obtención de titulo de ingeniero Agropecuario Industrial*. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.

EcuRed. (2015). *Agricultura convencional*. Obtenido de EcuRed:

[https://www.ecured.cu/Agricultura\\_convencional](https://www.ecured.cu/Agricultura_convencional)

Facultad de Agronomía PUCC. (Diciembre de 2015). Manual del cultivo de frambuesas y frutilla en chile. *Ministerio de Agricultura*, 1-65. Obtenido de

[https://www.indap.gob.cl/docs/default-source/default-document-library/manual-de-cultivo-de-frutilla-en-chile\\_indap-puc-2015.pdf?sfvrsn=0](https://www.indap.gob.cl/docs/default-source/default-document-library/manual-de-cultivo-de-frutilla-en-chile_indap-puc-2015.pdf?sfvrsn=0)

FAO . (2017a). *Portal de Suelos de la FAO*. Obtenido de ¿Qué es el Secuestro de Carbono?: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-management/secuestro-de-carbono-en-el-suelo/es/>

FAO. (2014). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura*. Obtenido de Aumentan las emisiones de gases de efecto invernadero de la agricultura.

FAO. (2015). Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura. *Un manual para abordar los requisitos de los datos para los países en desarrollo*. Roma. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i4260s.PDF>

FAO. (2016). *Centro de conocimientos sobre agroecología*. Obtenido de <http://www.fao.org/agroecology/overview/our-work/es/>

FAO. (2017). *Produccion Cultivos*. Obtenido de <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>

GADIP CAYAMBE. (2017). El Proyecto de Ordenanza sobre Uso del Espacio Público para la Comercialización de productos sanos en Ferias Agroecológicas. *GADIP CAYAMBE*, 7-22. Obtenido de [http://municipiocayambe.gob.ec/images/ley\\_transparencia/Ordenanzas/2018/2.2018%20Ordenanza%20de%20Regulacion%20del%20uso%20del%20espacio%20publico%20para%20la%20comercializacion%20de%20productos%20agroecologicos..PDF](http://municipiocayambe.gob.ec/images/ley_transparencia/Ordenanzas/2018/2.2018%20Ordenanza%20de%20Regulacion%20del%20uso%20del%20espacio%20publico%20para%20la%20comercializacion%20de%20productos%20agroecologicos..PDF)

Garcia, A., & Laurin, M. (2006). Contribución de la Agricultura Ecológica a la Mitigación del Cambio Climático en Comparación con la Agricultura Convencional. *Agroecologia*, 1. El Servicio de Publicaciones de la

Universidad de Murcia. Obtenido de  
<https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/169>

Gortaire, R. (2016). Agroecología en el Ecuador. Proceso Histórico, Logros y Desafíos. *Revistas Científicas Universidad de Murcia*. El Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia. Obtenido de  
<https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/330131>

Grupo El Comercio. (10 de 9 de 2001). La frutilla es un cultivo rentable. *Negocios*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/frutilla-cultivo-rentable.html>

Historia y Biografía. (19 de 9 de 2017). *Historia de la agricultura*. Obtenido de Historia-Biografía.com: <https://historia-biografia.com/historia-de-la-agricultura/>

Hoektra, A., Chapagain, A., & Aldana, M. (2011). The Water Footprint Assessment Manual. London-Washington, DC.

INIA. (2013). Manual de frutilla. *Manual de frutilla*(262). (P. U. Díaz, Ed.) Obtenido de <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR39084.pdf>

INIA. (2017). Manual de manejo de la frutilla. (17), 1-100. (M. Gloria, Ed.) Obtenido de <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/17%20Manual%20Frutilla.pdf>

Intriago. (2016). *Agroecología en el Ecuador. Proceso Histórico, Logros y Desafíos*. Obtenido de <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/330131>

IPCC. (2006a). Directrices del IPCC 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. *Grupo Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático*, 7,8,9,10. Obtenido de [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2\\_Volume2/V2\\_1\\_Ch1\\_Introduction.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_1_Ch1_Introduction.pdf)

IPCC. (2006b). *Combustion Movil* (Vol. 2). Obtenido de [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2\\_Volume2/V2\\_3\\_Ch3\\_Mobile\\_Combustion.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf)

IPCC. (2006b). *Combustion Movil* (Vol. Vol.2). Obtenido de [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2\\_Volume2/V2\\_3\\_Ch3\\_Mobile\\_Combustion.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf)

IPCC. (2006c). *Energía- Introducción* (Vol. 2).

IPCC. (2006d). Emisiones de N<sub>2</sub>O de los suelos gestionados y emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de la aplicación de cal y urea. *En Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero* , 4, 1-56. Obtenido de [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4\\_Volume4/V4\\_11\\_Ch11\\_N2O&CO2.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_11_Ch11_N2O&CO2.pdf)

LABOLAB CIA. LTDA. (2019). *Laboratorio Acreditado*. Obtenido de <http://www.labolab.com.ec/acreditacion/>

Linares, L. (2015). *Evaluación de la huella hídrica del cultivo de fresa en una finca del Municipio de Sibate, Cundinamarca*. Bogotá: Universidad la Salle.

López, A., & Hernández, D. (2016). Cambio climático y agricultura: una revisión de la literatura con énfasis en América Latina. *El trimestre económico*, 83(332).

Obtenido de

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2448-718X2016000400459&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2448-718X2016000400459&lng=es&nrm=iso)

MAE. (2015). PARÁMETROS DE LOS NIVELES GUÍA DE LA CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO. *Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes*

*recurso agua*. Obtenido de

<http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>

MAE. (2015). Libro VI del texto unificado de legislación secundaria. Obtenido de

<http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112181.pdf>

MDMQ. (9 de 2013). Evaluación de la huella de carbono y huella hídrica, Municipio del Distrito metropolitano de Euito, Ecuador. *PROYECTO HUELLA DE*

*CIUDADES*. Obtenido de

[file:///C:/Users/ALEJAN~1/AppData/Local/Temp/mdmq\\_informe\\_huellas\\_sep2013.pdf](file:///C:/Users/ALEJAN~1/AppData/Local/Temp/mdmq_informe_huellas_sep2013.pdf)

Méndez, V. (2013). La agroecología como un enfoque transdisciplinar participativo y orientado a la acción. *Agroecología*, 8(2), 1-16. Obtenido de

<https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/212061>

Ministerio del Ambiente. (2002). Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego. *Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al recurso*

*Agua*, 310-315. Obtenido de

<http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>

- Nicholls, C., Henao, A., & Altierl, M. (2015). Agroecología y el diseño de sistemas agrícolas resilientes al cambio climático. *Agroecología*, X(1).
- Núcleo Ambiental S.A.S. (2015). Manual Fresa. *Programa de apoyo agrícola y agroindustrial vicepresidencia de fortalecimiento empresarial*, 12-62.  
Obtenido de <https://bibliotecadigital.ccb.org.co/handle/11520/14312>
- Núñez , J. (2012). Huella de Carbono: más allá de un instrumento de medición. Necesidad de conocer su impacto verdadero. *Actas – IV Congreso Internacional Latina de Comunicación*. Obtenido de [http://www.revistalatinacs.org/12SLCS/2012\\_actas/058\\_Nunez.pdf](http://www.revistalatinacs.org/12SLCS/2012_actas/058_Nunez.pdf)
- Ortega, G. (2009). Agroecología vs. Agricultura Convencional. *Plataforma de conocimientos sobre agricultura familiar*(128b), 3-15. Obtenido de <http://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/335401/>
- Pino, M. (7 de 3 de 2017). Los Sistemas Participativos de Garantía en el Ecuador. *Aproximaciones a su desarrollo*(22).  
doi:<http://dx.doi.org/10.17141/letrasverdes.22.2017.2679>
- Rendón, E. (2015). La huella hídrica como un indicador de sustentabilidad y su aplicación en el Perú. *Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL*, 2(1).
- Rucks, L., & Garcia , F. (2004). Propiedades físicas del suelo. *Facultad de Agronomía Universidad de la República Uruguay*, 5-30. Montevideo, Uruguay. Obtenido de <http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>

Rueda, V. (2017). *Estimación de la huella hídrica de los cultivos de palma africana y maíz duro e la provincia de los Ríos y caña de azúcar en la provincial el Guayas para la producción de biocombustibles*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

Saynes, V., & Etchevers, J. (2016). Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Sistemas Agrícolas de México. *Terra Latinoamericana*. M. Fuentes.  
Obtenido de  
<https://www.terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra/article/view/78/84>

SENA. (2014). Manual Técnico del Cultivo de Fresa Bajo Buenas Prácticas Agrícolas. *Manual Técnico del Cultivo de Fresa*. Obtenido de  
[https://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/fresa%20BPA\\_1.pdf](https://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/fresa%20BPA_1.pdf)

Tejada, F. (11 de 9 de 2013). Origen y evolución de la agricultura. *Hoy digital*.  
Obtenido de <https://hoy.com.do/origen-y-evolucion-de-la-agricultura/>

Yaselga, R. (2015). *Rendimiento de tres variedades de fresa (Fragaria vesca L) bajo dos tipos de cobertura de suelos en sistemas de microtúneles*. Universidad de Babahoyo, Carchi. Obtenido de  
<http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/1062/1/T-UTB-FACIAG-AGR-000214.pdf>

## 8 ANEXOS

### Anexo 1. Toma de muestras de suelos





## Anexo 2. Toma de muestras de agua



## Anexo 3. Muestra de fertilizante



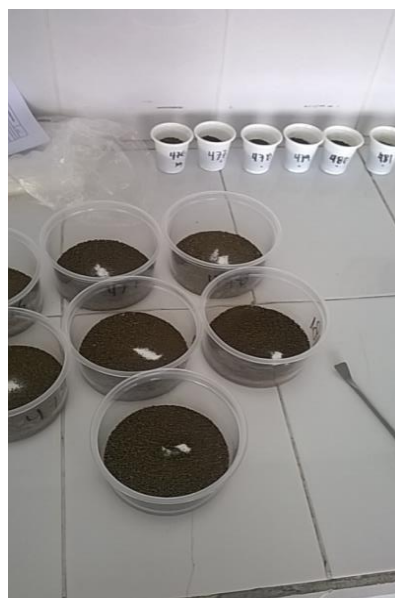
#### Anexo 4. Fase de laboratorio



Muestras de suelo para tamizar



Análisis de textura



## Anexo 5. Análisis bromatológico del cultivo agroecológico de frutilla

**LABOLAB**  
ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES  
INFORME DE RESULTADOS

Orden de trabajo N° 186363  
Hoja 1 de 1

NOMBRE DEL CLIENTE: Ronnie Lizano  
DIRECCIÓN: La Vicentina  
MUESTRA: Frutilla AC005  
CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA: Fruta fresca  
ANÁLISIS: Organoclorados  
FECHA DE RECEPCIÓN: 06 de septiembre del 2018  
FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 05 de septiembre del 2018  
LOCALIZACIÓN: Santa Marianita de Pingulmi  
ENVASE: Funda ziploc  
FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO: 06 - 20 de septiembre del 2018  
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME: 24 de septiembre del 2018  
TOMA DE MUESTRA: Por cliente  
CONDICIONES AMBIENTALES: 25.3°C 32%HR

ORGANOCOLORADOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
$\alpha$ -HCH	AOAC 2007.01 /Modificado con Cromatografía de gases MSD	mg/kg	< 0.01
HCB		mg/kg	< 0.01
$\beta$ -HCH		mg/kg	< 0.01
$\gamma$ -HCH (Lindano)		mg/kg	< 0.01
$\delta$ -HCH		mg/kg	< 0.01
Heptaclor		mg/kg	< 0.01
Aldrin		mg/kg	< 0.01
Cis-Heptacloropoxido		mg/kg	< 0.01
Trans-Heptacloropoxido		mg/kg	< 0.01
Trans-Clordano		mg/kg	< 0.01
Cis-Clordano		mg/kg	< 0.01
pp-DDE		mg/kg	< 0.01
Dieldrin		mg/kg	< 0.01
Endrin		mg/kg	< 0.01
pp-DDD		mg/kg	< 0.01
op-DDT		mg/kg	< 0.01
pp-DDT		mg/kg	< 0.01

No se encontró residuos de pesticidas Organoclorados.

Cecilia Luzuriaga  
Dra. Cecilia Luzuriaga  
GERENTE GENERAL  
**LABOLAB**  
ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES

El presente informe es válido sólo para la muestra analizada.  
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.  
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de aceptación del SAI.

## Anexo 6. Análisis de abonos para cultivos agroecológicos de frutillas

**LABOLAB**  
ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES  
INFORME DE RESULTADOS

Orden de trabajo N° 186434  
Hoja 1 de 1

NOMBRE DEL CLIENTE: Ronnie Lizano  
DIRECCIÓN: La Vicentina  
MUESTRA: Bocashi MCM004  
CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA: Molido color café oscuro  
FECHA DE RECEPCIÓN: 06 de septiembre del 2018  
FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 05 de septiembre del 2018  
LOCALIZACIÓN: Santa Marianita de Pingulmi  
ENVASE: Funda de polietileno  
FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO: 06 - 20 de septiembre del 2018  
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME: 24 de septiembre del 2018  
TOMA DE MUESTRA: Por cliente  
CONDICIONES AMBIENTALES: 25.3°C 32%HR

ANÁLISIS QUÍMICO:

PARÁMETRO	METODO	RESULTADO
Nitrógeno (%):	Dumas	0.59
Fósforo (%):	Colorimétrico UV Vis	1.6104
Potasio (%):	AA	1.1358

Cecilia Luzuriaga  
Dra. Cecilia Luzuriaga  
GERENTE GENERAL  
**LABOLAB**  
ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES

El presente informe es válido sólo para la muestra analizada.  
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.

## Anexo 7. Análisis bromatológico del cultivo convencional de frutilla



Orden de trabajo N° 188361  
Hoja 1 de 1

NOMBRE DEL CLIENTE: Ronnie Lizano  
DIRECCIÓN: La Vicentina  
MUESTRA: Frutilla LT-002  
CARACTERÍSTICA DE LA MUESTRA: Fruta entera  
ANÁLISIS: Organoclorados  
FECHA DE RECEPCIÓN: 21 de noviembre del 2018  
FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 20 de noviembre del 2018  
LOCALIZACIÓN: Santa Mariana de Pingulmi  
ENVASE: Punda simple  
FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO: 21 de noviembre - 5 de diciembre del 2018  
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME: 6 de diciembre del 2018  
TOMA DE MUESTRA: Por cliente  
CONDICIONES AMBIENTALES: 22.2°C 60%HR

ORGANOCLORADOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
α-HCH		mg/kg	< 0.01
HCB		mg/kg	< 0.01
β-HCH		mg/kg	< 0.01
γ-HCH (Lindano)		mg/kg	< 0.01
δ-HCH		mg/kg	< 0.01
Heptaclor		mg/kg	< 0.01
Aldrin		mg/kg	< 0.01
Cis-Heptacloropoxido	AOAC 2007.01	mg/kg	< 0.01
Trans-Heptacloropoxido	/Modificado con	mg/kg	< 0.01
Trans-Clordano	Cromatografía de	mg/kg	< 0.01
Cis-Clordano	gases MSD	mg/kg	< 0.01
pp-DDE		mg/kg	< 0.01
Dieldrina		mg/kg	< 0.01
Endrin		mg/kg	< 0.01
pp-DDD		mg/kg	< 0.01
pp-DDT		mg/kg	< 0.01
pp-DDT		mg/kg	< 0.01

No se encontró residuos de pesticidas Organoclorados.

Dra. Cecilia Luzuriaga  
GERENTE GENERAL

El presente informe es válido sólo para la muestra analizada.  
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.  
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.

\*Autorización de envío vía electrónica: Dra. Cecilia Luzuriaga - Gerente Fecha emisión: 12/12/18

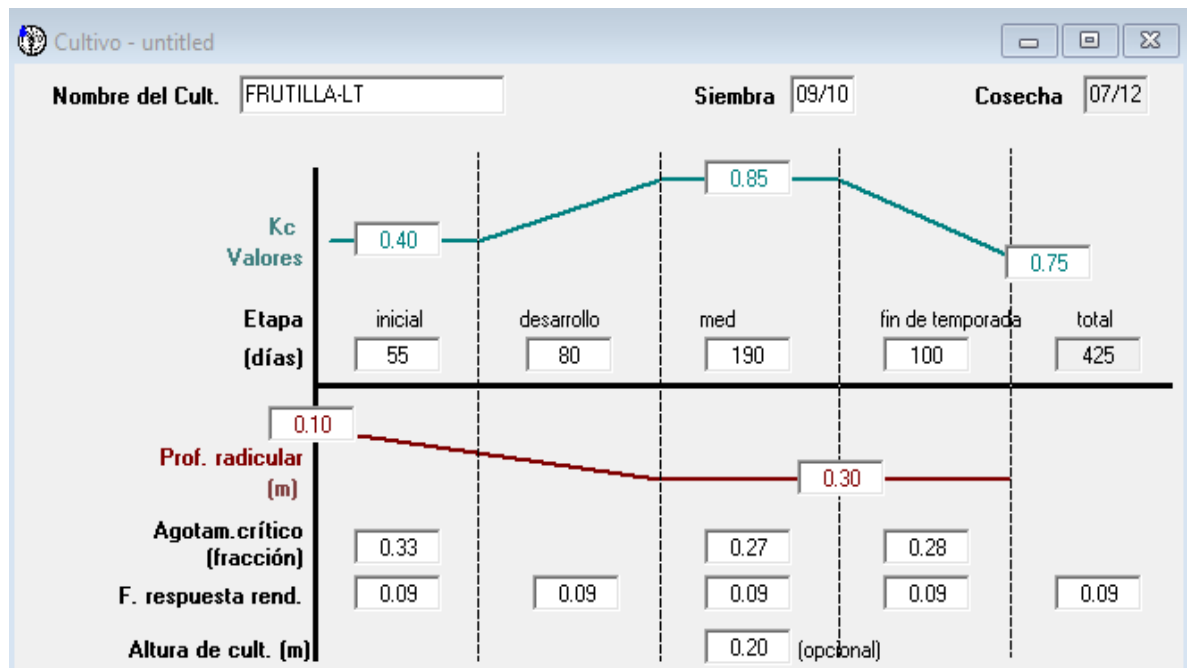
Este informe no reemplaza al original y será válido únicamente por escrito en todo momento con sello respaldado y firma original de la persona responsable.

Edición electrónica Ed 05, Enero 2017

## Anexo 8. ETo y Precipitación efectiva en CROPWAT

ETo Penman-Monteith Mensual - C:\Users\User\Desktop\CALCULOS HH\CROPWAT\2017\CR...							
País	ECUADOR			Estación	EM-UPS-3-Pisambilla		
Altitud	3487	m.	Latitud	0.06	°S	Longitud	78.10 °W
Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo
	°C	°C	%	km/día	horas	MJ/m²/día	mm/día
Enero	8.5	9.0	82	4	12.0	27.2	3.95
Febrero	8.5	9.0	88	2	12.0	28.1	4.15
Marzo	8.7	9.2	89	2	12.0	28.4	4.23
Abril	9.2	9.7	85	4	12.0	27.5	4.10
Mayo	9.0	9.5	86	4	12.0	26.0	3.80
Junio	8.7	9.3	84	5	12.0	25.1	3.59
Julio	7.6	8.1	82	5	12.0	25.5	3.53
Agosto	8.1	8.7	80	3	12.0	26.8	3.81
Septiembre	8.5	9.1	79	3	12.0	27.9	4.06
Octubre	8.9	9.5	81	3	12.0	28.0	4.14
Noviembre	9.0	9.6	83	1	12.0	27.2	4.03
Diciembre	8.6	9.2	83	2	12.0	26.8	3.90
Promedio	8.6	9.2	84	3	12.0	27.0	3.94

## Anexo 9. Datos de Cultivos en CROPWAT



## Anexo 10. Datos de suelo en CROPWAT

Suelo - C:\ProgramData\CROPWAT\data\soils\RED SANDY LOAM.SOI

Nombre del suelo

Datos generales de suelo

Humedad de suelo disponible total (CC-PMP)	<input type="text" value="140.0"/>	mm/metro
Tasa maxima de infiltración de la precipitación	<input type="text" value="30"/>	mm/día
Profundidad radicular máxima	<input type="text" value="900"/>	centímetros
Agotamiento inicial de hum. de suelo (como % de ADT)	<input type="text" value="0"/>	%
Humedad de suelo inicialmente disponible	<input type="text" value="140.0"/>	mm/metro



## Anexo 11. Requerimiento de agua de cultivo analizado en CROPWAT

Requerimiento de Agua del Cultivo

Estación ETo EM-UPS-3- Pisambilla Cultivo FRUTILLA-AC

Est. de lluvia EM-UPS-3- Pisambilla Fecha de siembra 9/25

Mes	Decada	Etap	Kc	ETc	ETc	Prec. efec	Req.Riego
			coef	mm/día	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Sep	3	Inic	0.68	2.79	16.7	3.0	22.9
Oct	1	Inic	0.67	2.77	27.7	9.1	18.6
Oct	2	Inic	0.66	2.75	27.5	11.7	15.7
Oct	3	Inic	0.65	2.69	29.5	13.8	15.8
Nov	1	Inic	0.64	2.62	26.2	17.8	8.4
Nov	2	Des	0.63	2.56	25.6	21.0	4.7
Nov	3	Des	0.63	2.52	25.2	14.7	0.2
Dic	1	Des	0.47	1.88	18.8	3.9	14.9
Dic	2	Des	0.51	2.02	20.2	0.0	20.2
Dic	3	Des	0.55	2.19	24.1	3.0	21.1
Ene	1	Des	0.60	2.36	23.6	11.6	12.0
Ene	2	Des	0.64	2.52	25.2	16.2	9.0
Ene	3	Des	0.68	2.74	30.2	14.1	16.1
Feb	1	Med	0.72	2.95	29.5	10.3	19.2
Feb	2	Med	0.72	3.03	30.3	8.4	21.9
Feb	3	Med	0.72	3.05	24.4	10.7	13.8
Mar	1	Med	0.72	3.08	30.8	14.2	16.6
Mar	2	Med	0.72	3.10	31.0	16.4	14.6
Mar	3	Med	0.72	3.05	33.5	14.8	18.8
Abr	1	Med	0.72	3.00	30.0	12.6	17.4
Abr	2	Med	0.72	2.95	29.5	11.3	18.2
Abr	3	Med	0.72	2.88	28.8	10.5	18.4
May	1	Med	0.72	2.82	28.2	9.1	19.1

Requerimiento de Agua del Cultivo

Estación ETo EM-UPS-3- Pisambilla Cultivo FRUTILLA-AC

Est. de lluvia EM-UPS-3- Pisambilla Fecha de siembra 9/25

Mes	Decada	Etap	Kc	ETc	ETc	Prec. efec	Req.Riego
			coef	mm/día	mm/dec	mm/dec	mm/dec
May	1	Med	0.72	2.82	28.2	9.1	19.1
May	2	Med	0.72	2.75	27.5	7.9	19.6
May	3	Med	0.72	2.69	29.5	9.3	20.2
Jun	1	Med	0.72	2.62	26.2	10.6	15.7
Jun	2	Med	0.72	2.56	25.6	11.5	14.1
Jun	3	Med	0.72	2.57	25.7	14.2	11.5
Jul	1	Med	0.72	2.59	25.9	18.9	7.0
Jul	2	Med	0.72	2.60	26.0	22.3	3.7
Jul	3	Med	0.72	2.66	29.3	18.1	11.2
Ago	1	Med	0.72	2.72	27.2	12.7	14.5
Ago	2	Fin	0.72	2.77	27.7	9.1	18.6
Ago	3	Fin	0.71	2.78	30.6	7.3	23.3
Sep	1	Fin	0.70	2.79	27.9	4.4	23.6
Sep	2	Fin	0.69	2.80	28.0	1.7	26.3
Sep	3	Fin	0.68	2.79	27.9	5.0	22.9
Oct	1	Fin	0.67	2.77	27.7	9.1	18.6
Oct	2	Fin	0.66	2.75	27.5	11.7	15.7
Oct	3	Fin	0.65	2.69	29.5	13.8	15.8
Nov	1	Fin	0.64	2.62	26.2	17.8	8.4
Nov	2	Fin	0.63	2.56	25.6	21.0	4.7
Nov	3	Fin	0.63	2.52	7.5	4.4	0.2
					1145.7	488.6	653.0

## Anexo 12. Agroquímicos utilizados en los cultivos convencionales

